

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS EDUARDO BRASIL DA SILVA

MODELO MATEMÁTICO PARA ALOCAÇÃO DE ESPECIALIDADES CIRÚRGICAS  
COM PRIORIDADES HIERARQUIZADAS POR MEIO DO *ANALITYCAL*  
*HIERARCHY PROCESS* (AHP)

CURITIBA – PR

2019

CARLOS EDUARDO BRASIL DA SILVA

MODELO MATEMÁTICO PARA ALOCAÇÃO DE ESPECIALIDADES CIRÚRGICAS  
COM PRIORIDADES HIERARQUIZADAS POR MEIO DO *ANALITYCAL*  
*HIERARCHY PROCESS* (AHP)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Pesquisa Operacional, do Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. José Eduardo Pécora Junior, Ph.D.

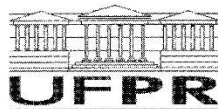
CURITIBA – PR

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

SS86m	<p>Silva, Carlos Eduardo Brasil da Modelo matemático para alocação de especialidades cirúrgicas com prioridades hierarquizadas por meio do Analytical Hierarchy Process (AHP) [recurso eletrônico] / Carlos Eduardo Brasil da Silva. – Curitiba, 2019.</p> <p>Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2019.</p> <p>Orientador: José Eduardo Pécora Junior .</p> <p>1. Processo decisório – Modelos matemáticos. 2. Centros cirúrgicos. 3. Analytical Hierarchy Process (AHP). 4. Cirurgia eletiva. I. Universidade Federal do Paraná. II. Pécora Junior, José Eduardo. III. Título.</p> <p>CDD: 658.403</p>
-------	---

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO - 40001016070P1

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **CARLOS EDUARDO BRASIL DA SILVA** intitulada: **Modelo matemático para alocação de especialidades cirúrgicas com prioridades hierarquizadas por meio do Analytical Hierachy Process (AHP)**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2019.

JOSÉ EDUARDO PÉCORA JUNIOR  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

FERNANDO DESCHAMPS  
Avaliador Externo (PUC/PR)

MARCOS AUGUSTO MENDES MARQUES  
Avaliador Interno (UFPR)

GUSTAVO VALENTIM LOCH  
Avaliador Interno (UFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para a construção deste trabalho principalmente à minha esposa, Daniela Schwerz, que sempre me apoiou e me incentivou em tudo que decidi fazer. Meu muito obrigado por fazer parte de minha vida e estar sempre ao meu lado.

Agradeço aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pelos bate-papos, discussões, aprendizados e risadas. Aos professores do programa um muito obrigado pelos ensinamentos e orientações.

Agradeços a todos os profissionais do centro cirúrgico do HC da UFPR que se dispuseram a participar deste projeto de forma espontânea e sempre disponíveis para as conversas e aplicação do modelo proposto neste trabalho.

Agradeço a todos os colegas do Grupo de Tecnologia Aplicado à Otimização (GTAO) pela oportunidade de interagir e disponibilidade para troca de experiências. Com este grupo descobri que sozinho vamos mais depressa, mas juntos vamos mais longe.

Por fim, um agradecimento especial ao meu orientador, professor José Eduardo Pécora Júnior, que esteve sempre presente neste projeto, suportando-me nas dúvidas, nas visitas ao HC e intermediando, junto aos profissionais do centro cirúrgico, a aplicação deste trabalho. Mais uma vez, obrigado.

## RESUMO

O agendamento de cirurgias eletivas às salas cirúrgicas é um processo que tem como objetivo determinar os horários de início de cada cirurgia e qual especialidade deve ser alocada à sala, considerando todas as restrições de recursos disponíveis para garantir fluxo nas atividades dos centros cirúrgicos. No entanto, este processo é passível de imprevistos os quais acabam gerando cancelamentos de horários já programados. Diante disso, surge a seguinte pergunta: qual especialidade alocar para este horário? Este trabalho tem como objetivo propor um modelo de priorização de especialidades cirúrgicas por meio do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Ainda, utilizar os pesos atribuídos a cada especialidade em um modelo matemático para apoiar a decisão de escolha de qual especialidade cirúrgica alocar para uma ou mais salas vagas. Uma revisão sistemática de literatura foi apresentada para buscar respostas de como determinar os critérios de priorização das especialidades disponíveis e sobre qual abordagem matemática utilizar para o modelo. Com isso, é proposto o método AHP combinado com um modelo matemático de programação linear inteira para apoiar a decisão de alocação da especialidade à sala dado que um ou mais horários foram disponibilizados por cancelamento. Por fim, uma aplicação do modelo proposto é realizada nas dependências do centro cirúrgico do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná.

**Palavras-chave:** Centro Cirúrgico, Critérios de Seleção de Especialidades Cirúrgicas, Modelo Matemático, AHP.

## ABSTRACT

The scheduling of elective surgeries to surgical rooms is a process that aims to determine the opening times of each surgery and which specialty should be allocated to the room, considering all the restrictions of available resources to guarantee flow in the surgical centers activities. However, this process is subject to unforeseen events which end up generating cancellations of schedules already scheduled. Given this, the question arises: which specialty to allocate for this time? This work aims to propose a prioritization model of surgical specialties through the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. Also, use the weights assigned to each specialty in a mathematical model to support the decision of choosing which surgical specialty to allocate to one or more vacant rooms. A systematic literature review was presented to seek answers on how to determine the prioritization criteria of the specialties available and on which mathematical approach to use for the model. Thus, the AHP method combined with a mathematical model of integer linear programming is proposed to support the decision to allocate the specialty to the room given that one or more schedules were made available by cancellation. Finally, an application of the proposed model is performed in the surgical center of the Hospital de Clínicas of the Federal University of Paraná.

**Key-words:** Surgical Center, Selection Criteria for Surgical Specialties, Mathematical Model, Optimization

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA .....	19
FIGURA 2 – TERMOS DE BUSCA UTILIZADOS NA RSL .....	21
FIGURA 3 – RESUMO DOS RESULTADOS DA BUSCA NAS BASES DE DADOS .....	22
FIGURA 4 – ASPECTOS METODOLÓGICOS DE PESQUISA .....	35
FIGURA 5 – RESUMO DA RELAÇÃO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS COM O GERAL .....	36
FIGURA 6 – ETAPAS DO PROTOCOLO DO TRABALHO DE PESQUISA.....	37
FIGURA 7 – EXEMPLO DE UMA ALOCAÇÃO DE ESPECIALIDADE À SALA .....	38
FIGURA 8 – CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS DE ESCOLHA DO MÉTODO AHP ....	40
FIGURA 9 – GRAUS DE IMPORTÂNCIA DO MÉTODO AHP COM EXPLICAÇÕES .....	41
FIGURA 10 – GRAUS DE IMPORTÂNCIA DO MÉTODO AHP .....	41
FIGURA 11 – ILUSTRAÇÃO DA ATRIBUIÇÃO DE VALOR NO MÉTODO AHP .....	42
FIGURA 12 – ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIO DO MÉTODO AHP .....	44
FIGURA 13 – REGRA DA RELAÇÃO DE CONSISTÊNCIA DO MÉTODO AHP .....	45
FIGURA 14 – ETAPAS PARA PRIORIZAÇÃO E ESCOLHA DE UMA ESPECIALIDADE CIRÚRGICA.....	47
FIGURA 15 – ETAPAS DO PROCEDIMENTO DE AGENDAMENTO DO CC DO HC DA UFPR.....	49
FIGURA 16 – CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS DE ESCOLHA DA APLICAÇÃO NO HC DA UFPR .....	52
FIGURA 17 – QUADRO UTILIZADO PARA COLETA DOS JULGAMENTOS NA APLICAÇÃO.....	53
FIGURA 18 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA NECESSIDADE DA ESPECIALIDADE .....	54
FIGURA 19 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA RELACIONAMENTO .....	54
FIGURA 20 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS .....	54



FIGURA 21 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA 1º NÍVEL DE CRITÉRIOS.....	54
FIGURA 22 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA NECESSIDADE DA ESPECIALIDADE .....	55
FIGURA 23 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA RELACIONAMENTO .....	56
FIGURA 24 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS .....	56
FIGURA 25 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA 1º NÍVEL DE CRITÉRIOS.....	57
FIGURA 26 – MATRIZES NORMALIZADAS CONSOLIDADAS COM VETOR DE PRIORIDADES.....	57
FIGURA 27 –RESULTADO DOS PESOS DE CADA CRITÉRIO E SUBCRITÉRIO .	58
FIGURA 27 –RESULTADOS AGRUPADOS COM CADA ESPECIALIDADE DA APLICAÇÃO.....	59
FIGURA 28 –PESO FINAL DE CADA ESPECIALIDADE DA APLICAÇÃO .....	60
FIGURA 29 –INTERFACE CRIADA EM EXCEL PARA O MODELO DA APLICAÇÃO .....	61

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – RELAÇÃO DE TODAS AS CARACTERÍSTICAS DOS 32 ARTIGOS SEPARADOS PARA LEITURA NA RSL.....	28
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção

AHP - *Analytical Hierarchy Process*

cc - centro cirúrgico

HC - Hospital de Clínicas

PO - Pesquisa Operacional

RSL - Revisão Sistemática de Literatura

SUS - Sistema Único de Saúde

UFPR - Universidade Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3	JUSTIFICATIVA.....	16
1.3.1	Para a Engenharia de Produção .....	16
1.3.2	Para o Setor Hospitalar .....	17
1.4	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	17
1.5	ESTUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	18
2.1.1	Etapa 1 – Definir pergunta de pesquisa.....	19
2.1.2	Etapa 2 – Definir as bases de busca .....	20
2.1.3	Etapa 3 – Selecionar os termos de busca .....	20
2.1.4	Etapa 4 – Definir o período de busca .....	21
2.1.5	Etapa 5 – Estabelecer quais tipos de trabalhos serão selecionados .....	21
2.1.6	Etapa 6 – Excluir trabalhos repetidos .....	21
2.1.7	Etapa 7 – Definir critério de seleção dos artigos .....	22
2.1.8	Etapa 8 – Ler artigos selecionados para RSL .....	23
2.2	O MÉTODO MULTICRITÉRIO <i>ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS</i> (AHP) 31	
2.2.1	Por que o AHP?.....	31
2.2.2	Como trabalha o AHP? .....	31
2.2.3	Quem deve julgar estas comparações? .....	32
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1	MÉTODO E CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO .....	34
3.2	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO DE PESQUISA.....	35
3.2.1	Definir a abordagem de programação matemática.....	37
3.2.2	Definir os critérios utilizados na escolha de uma especialidade cirúrgica.....	38
3.2.3	Descrever as etapas do método AHP.....	39
3.2.4	Formular o modelo matemático com abordagem de 3.2.1 .....	45
3.2.5	Implementar o modelo matemático.....	47
3.2.6	Avaliar aplicação do modelo em um hospital.....	47

<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
4.1	O PROCESSO DE AGENDAMENTO DAS SALAS CIRÚRGICAS NO HC ..	48
4.2	A APLICAÇÃO DO MODELO NO CC DO HC DA UFPR .....	50
4.2.1	Definição do grupo de especialistas do cc do HC da UFPR .....	50
4.2.2	Realização das entrevistas para definição dos critérios utilizados no processo de tomada de decisão .....	50
4.2.3	Organização do problema, critérios e alternativas de escolha de forma hierarquizada .....	51
4.2.4	Coleta das avaliações ou julgamentos par a par dos especialistas .....	52
4.2.5	Realização dos cálculos do método AHP .....	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	61
5.2	TRABALHOS FUTUROS .....	63
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aspecto gerencial na prestação de serviços de saúde em hospitais torna-se cada vez mais importante. Reduzir custos, maximizar a satisfação dos pacientes e equilibrar as finanças são ações buscadas pela maioria dos gestores hospitalares (CARDOEN et al., 2010). Os hospitais têm enfrentado pressão para fornecer serviços de qualidade enquanto ajustam seus custos de execução. Dentro de toda complexidade da estrutura hospitalar, as salas cirúrgicas respondem pela maior fonte de receita dos hospitais e, ao mesmo tempo, são grandes centros de custo e consumidores de uma representativa parte dos recursos disponíveis (LAMIRI et al., 2009).

Em face a uma crescente demanda por fornecimento de cuidados de saúde, os hospitais precisam equalizar cuidadosamente a utilização de seus recursos para garantirem eficiência nos processos e melhorar o atendimento prestado aos seus pacientes. Uma gestão bem assistida às salas cirúrgicas contribui substancialmente para redução dos custos e aumento das receitas hospitalares (KOPPKA et al., 2018). Segundo Denton et al. (2006), as salas de operações cirúrgicas em um hospital são grandes geradores de receitas e, em mesma proporção, geram despesas para que os procedimentos ocorram. Estudos recentes têm sido realizados para melhorar a eficiência deste segmento hospitalar, o qual oferece grande potencial de ganhos quando bem gerenciados.

Em geral, os hospitais possuem dois tipos de classificação para seus processos cirúrgicos: processos cirúrgicos eletivos e processos cirúrgicos de emergência. Para ambos, os recursos utilizados são quase os mesmos. No entanto, o processo de gestão é realizado de forma distinta. A principal razão para esta distinção é que as cirurgias de emergência precisam ser realizadas em um curto espaço de tempo enquanto as cirurgias eletivas são conhecidas antecipadamente e podem ser planejadas (ANJOMSHOA et al., 2018). Segundo Ferreira (2015), cirurgias de emergência são cirurgias que não admitem espera, onde há risco de óbito ao paciente ou a perda de um membro caso não seja operado imediatamente como, por exemplo, um paciente com forte hemorragia. Por outro lado, as cirurgias eletivas são cirurgias que admitem a escolha do melhor momento para realização do processo cirúrgico. Como exemplo, podemos citar uma cirurgia de artrose para restauração dos movimentos de um paciente que os perdeu em um acidente.

O processo relacionado ao agendamento de cirurgias eletivas é uma tarefa complexa, devido aos efeitos de múltiplas fontes de incerteza as quais impactam no cronograma proposto já pré-estabelecido (NEYSHABOURI et al., 2016). Para Samudra et al. (2016) a falta de um processo organizado de gestão de salas cirúrgicas pode provocar atrasos nas cirurgias agendadas, colocando em risco a saúde do paciente na fila de espera devendo ser evitado sempre que possível.

O uso ineficiente das salas cirúrgicas e os recursos relacionados a este processo pode resultar em aumento de custos e diminuição do bem-estar de pacientes e funcionários. O cronograma ou a programação realizada pelos gestores do hospital pode provocar impacto aos pacientes. Embora o agendamento de procedimentos cirúrgicos seja um processo complexo, muitos departamentos cirúrgicos ainda contam com heurísticas simples e o uso da intuição geral para programar os agendamentos semanais, quinzenais e algumas atualizações diárias. Essas técnicas simples podem resultar em horas extras, falta de leitos, recursos não utilizados ou grandes listas de espera, devido à utilização inadequada e desnecessária das salas de operação (SPRATT et al., 2016). Embora o desequilíbrio entre a demanda por cirurgias eletivas e oferta dos serviços seja causada por falta de salas cirúrgicas e recursos humanos, a gestão e priorização adequada pode desempenhar um papel muito importante para conquista deste equilíbrio (RAHIMI et al., 2016).

Este contexto, expõe a importância e complexidade que o processo de agendamento de salas cirúrgicas tem para os hospitais sob o aspecto de geração de receitas, utilização de recursos e satisfação do cliente, no caso, o paciente. Entretanto, os agendamentos são realizados diariamente nos hospitais com ou sem a quantidade necessária de ferramentas para este processo. Uma vez estabelecida a programação, dá-se início a sua execução e, por motivos diversos, cancela-se uma cirurgia já programada. Para qual especialidade ceder esta vaga, ou seja, qual especialidade deve ser alocada para este horário? Como priorizar esta escolha? Existem muitos métodos multicritério para suportar a decisão de priorização e consequente escolha desta especialidade. O *Analytical Hierarchy Process* (AHP) é um dos métodos mais populares aplicado a situações como esta de suporte à decisão (VAIDYA e KUMAR, 2006). Ainda, o método proposto por Saaty (1977) destaca-se entre os demais métodos devido a sua simplicidade algébrica, sua flexibilidade de aplicação e combinação com outros métodos (RAHIMI et al., 2016). Somado a isso, o problema de agendamento de salas cirúrgicas tem sido estudado intensamente sob várias

abordagens. A Pesquisa Operacional (PO) é uma delas. As ferramentas apoiadas por esta abordagem estão, a cada dia que passa, mais acessíveis aos hospitais suportando de forma estruturada as decisões (SAADOULI et al., 2015).

A proposta desta pesquisa é estruturar um modelo que priorize as especialidades cirúrgicas disponíveis e, a partir dos pesos dado a cada uma delas, decidir, por um modelo matemático, qual especialidade atribuir a uma ou mais salas vagas. Para a aplicação do modelo, foi escolhida as instalações do centro cirúrgico (cc) do Hospital de Clínicas (HC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O HC da UFPR foi oficialmente fundado em 26 de março de 1961. Até o final do ano de 2018 contava com 3.757 funcionários (contratados, residentes e terceirizados). No período de janeiro de 2018 a agosto de 2018 foram realizadas em média 899 cirurgias por mês (estatísticas disponíveis até agosto de 2018) e, de janeiro de 2017 a dezembro de 2017, foram realizadas em média 769 cirurgias por mês (CHC-UFPR, 2019) o que mostra que do ano de 2017 para o ano de 2018 houve um aumento médio de 130 cirurgias por mês, ou seja, 16,90% de aumento.

Atualmente, o cc do HC da UFPR disponibiliza 11 salas cirúrgicas as quais são utilizadas por 14 diferentes especialidades: geral, ortopédica, otorrinolaringologista, pediátrica, urológica, neurológica, plástica, cardíaca, coloproctologia, vascular, dermatológica, torácica, ginecológica e transplante de medula óssea.

As cirurgias ocorrem de segunda-feira à sexta-feira no período diurno. Um estudo para operar com o cc aos sábados no período diurno vespertino estava em andamento, mas, até a finalização deste trabalho, nada havia sido concretizado.

Assim, neste primeiro capítulo, são apresentados a relevância do estudo de modelos para suportar a decisão de escolha de uma especialidade cirúrgica com base em um método multicritério de priorização, e, posteriormente, os objetivos geral e específicos, a justificativa da pesquisa, suas limitações e, por fim, a estrutura do trabalho.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é propor um modelo de priorização de especialidades cirúrgicas por meio do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Ainda, utilizar os pesos atribuídos a cada especialidade em um modelo matemático



para apoiar a decisão de escolha de qual especialidade cirúrgica alocar para uma ou mais salas vagas.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral deste estudo, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- a) Mapear os critérios utilizados na decisão de qual especialidade alocar em uma determinada sala para estruturar o método AHP;
- b) Calcular as importâncias de cada especialidade cirúrgica e priorizá-las por meio do método AHP;
- c) Propor modelo matemático para apoiar a decisão de alocar a especialidade cirúrgica à sala dado uma prioridade ou importância com base em e b);
- d) Avaliar a aplicação do modelo proposto.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A relevância do problema de planejamento e programação de salas cirúrgicas origina-se no fato de que estes processos são complexos e consomem grande parte dos recursos ao mesmo tempo que os geram (NUNEZ et al., 2016). Ainda, para Visintin et al. (2017), os processos cirúrgicos são funções-chave dentro dos hospitais, além de serem centros geradores de significativa receita para a operação.

Abaixo, será apresentada a relevância da pesquisa para cada uma das seguintes áreas: Engenharia de Produção e Setor Hospitalar.

### 1.3.1 Para a Engenharia de Produção

A pesquisa a ser apresentada faz uso de modelagem matemática combinado com o método multicritério AHP, ambos enquadrados na sub-área da Engenharia de Produção conhecida por Pesquisa Operacional (PO) (ABREPRO, 2019). Além disso, o trabalho desenvolvido busca melhorar o processo de escolha de uma especialidade cirúrgica para garantir a máxima ocupação das salas disponibilizadas contribuindo assim para manutenção da programação da produção do cc dos hospitais. Esta também é uma sub-área importante da Engenharia de Produção conhecida como Gestão da Produção – Programação e Controle da Produção (ABREPRO, 2019).

### 1.3.2 Para o Setor Hospitalar

Os gestores hospitalares tem buscado cada vez mais novas abordagens de trabalho e incentivado pesquisas neste ambiente para melhorar os serviços que prestam e garantir equilíbrio entre suas receitas e seus custos (MESKENS et al., 2013). Isto se deve ao fato, segundo Pariente et al. (2015), de os gestores ainda tomarem decisões com base em suas experiências e sentimentos tornando o processo de decisão frágil necessitando assim de ferramentas que os suportem.

## 1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Um limitante da pesquisa foi a falta de disponibilidade de tempo dos especialistas do cc do HC da UFPR o qual impossibilitou a determinação de todos os pesos para priorização das especialidades cirúrgicas.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em 5 capítulos. No Capítulo 1, encontram-se descritos a introdução ao tema de pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos, a justificativa e, por fim, a limitação da pesquisa.

No Capítulo 2, está descrito uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de apresentar as pesquisas mais relevantes referente ao trabalho.

No Capítulo 3 são apresentados os materiais e métodos utilizados para condução da pesquisa, o método de caracterização do trabalho e suas etapas de desenvolvimento.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados esperados e o produto final da pesquisa.

No Capítulo 5, por fim, as conclusões obtidas a partir da pesquisa realizada.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será apresentado, por meio de uma revisão sistemática da literatura, como as pesquisas vem trabalhando o processo de alocação e de priorização de especialidades em centros cirúrgicos.

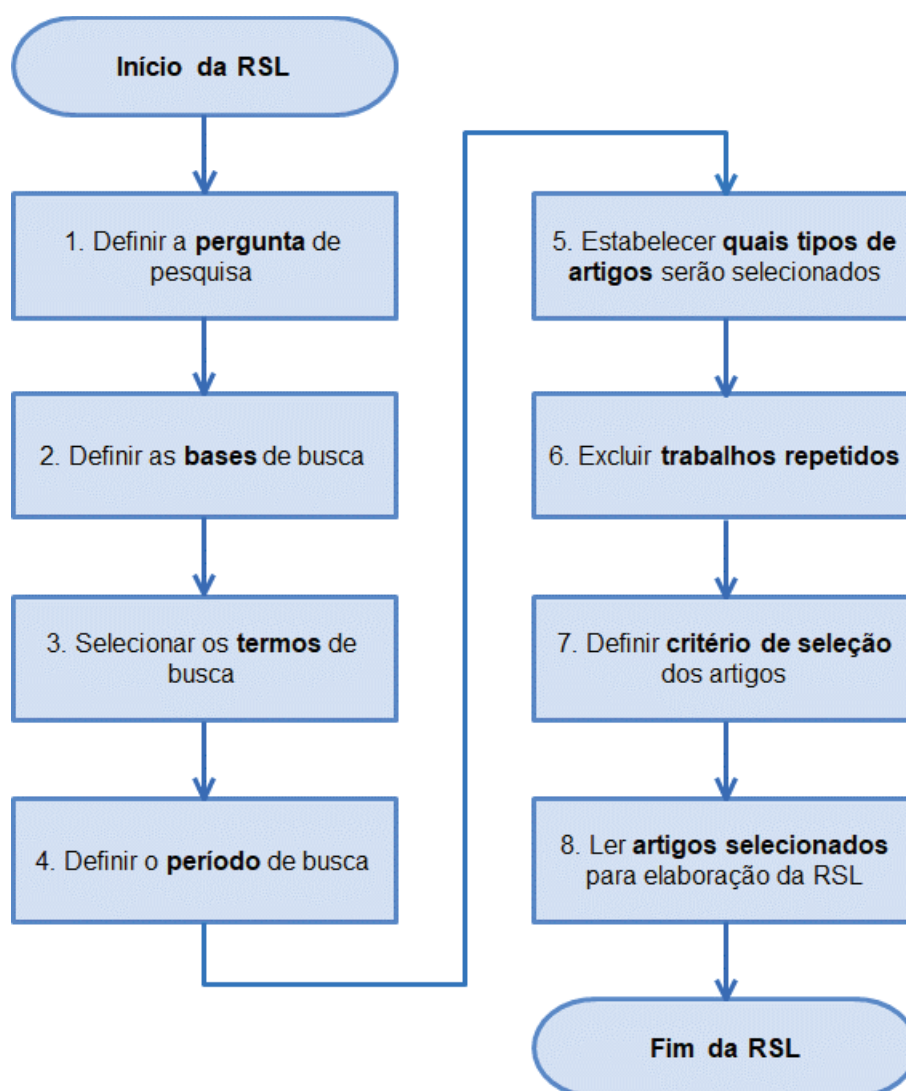
### **2.1 RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

A realização de uma revisão da literatura é uma parte importante de qualquer projeto de pesquisa. O pesquisador mapeia e avalia trabalhos relevantes para desenvolver ainda mais a base de conhecimento sobre sua questão de pesquisa. Para isto, é necessário seguir um caminho estruturado e rígido de busca por estes trabalhos. A revisão sistemática da literatura (RSL) proporciona ao pesquisador um fluxo organizado para mapear e avaliar a relevância dos trabalhos disponíveis com objetivo de identificar publicações correlatas à sua questão de pesquisa (TRANFIELD et al., 2013).

Nesta etapa do trabalho, é proposta uma RSL para apoiar o mapeamento e avaliação das pesquisas relevantes na busca de respostas para a pergunta ou questão de pesquisa.

Abaixo, para cada uma das etapas apresentadas na Figura 1, serão detalhadas as atividades da revisão sistemática da literatura proposta para este trabalho.

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA



FONTE: O autor (2019).

### 2.1.1 Etapa 1 – Definir pergunta de pesquisa

Neste trabalho, o mapeamento e avaliação das pesquisas relevantes busca identificar respostas para as seguintes perguntas ou questões de pesquisa: **Em um centro cirúrgico, uma cirurgia foi cancelada e, conseqüentemente, um horário foi disponibilizado. Qual especialidade cirúrgica deve-se alocar para este horário? Como hierarquizar as especialidades disponíveis? Qual método deve ser utilizado para esta alocação?**

### 2.1.2 Etapa 2 – Definir as bases de busca

As bases de dados utilizadas para a busca dos trabalhos relevantes para a questão de pesquisa foram *Scopus* e *Web of Science*. Oferecendo um panorama abrangente da produção científica do mundo em diversas áreas como medicina, ciência e tecnologia, a *Scopus* é o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares: revistas científicas, livros, etc. (SCOPUS, 2019). Ainda, com mais de 59 milhões de registros e *backfiles* que datam de 1898, a *Web of Science* usa um processo de referência citada para rastrear pesquisas anteriores e monitorar os desenvolvimentos atuais em mais de 100 anos de conteúdo totalmente indexado (WEB OF SCIENCE, 2019).

### 2.1.3 Etapa 3 – Selecionar os termos de busca

Com o objetivo de aumentar o número de ocorrências na procura por material que traga respostas para as questões de pesquisa mencionadas na Etapa 1, as seguintes expressões foram utilizadas para composição dos termos de busca: *surgery center, room prioritization, room allocation, room scheduling, elective surgery, surgical specialty, criteria, multicriteria e patient prioritization*.

Definido as expressões relacionadas com as questões de pesquisa, foram construídas as seguintes combinações de termos para busca nas bases de dados: *surgery center AND room prioritization, surgery center AND room allocation, surgery center AND room scheduling, elective surgery AND room prioritization, elective surgery AND room allocation, elective surgery AND room scheduling AND criteria, surgical specialty AND elective surgery AND allocation, surgical specialty AND elective surgery AND prioritization, surgical specialty AND multicriteria e surgical AND patient prioritization AND criteria*.

A Figura 2 resume os termos utilizados para busca nas bases de dados.

FIGURA 2 – TERMOS DE BUSCA UTILIZADOS NA RSL

Sequência	Termos de busca
1	surgery center AND room prioritization
2	surgery center AND room allocation
3	surgery center AND room scheduling
4	elective surgery AND room prioritization
5	elective surgery AND room allocation
6	elective surgery AND room scheduling AND criteria
7	surgical specialty AND elective surgery AND allocation
8	surgical specialty AND elective surgery AND prioritization
9	surgical specialty AND multicriteria
10	surgical AND patient prioritization AND criteria

FONTE: O autor (2019).

#### 2.1.4 Etapa 4 – Definir o período de busca

Para as buscas nas bases de dados, o período de publicações foi restrito ao intervalo com início no ano de 2008 e final no ano de 2018 inclusive, ou seja, 10 anos de pesquisas.

#### 2.1.5 Etapa 5 – Estabelecer quais tipos de trabalhos serão selecionados

Dentre todas as opções dadas pelas bases de busca (por exemplo: capítulo de livro, artigos de congressos, artigos científicos, etc.), foi estabelecido apenas a seleção de artigos científicos.

#### 2.1.6 Etapa 6 – Excluir trabalhos repetidos

Devido ao uso de mais de uma base de dados e buscas com termos semelhantes, existe a possibilidade de encontrarmos o mesmo trabalho em mais de uma base ou mesmo em mais de uma busca. Por isso, fez-se necessária esta etapa para garantir que a base de trabalhos selecionados não contenha repetições. Para a retirada dos trabalhos repetidos, em uma tabela de Excel®, todos os títulos encontrados foram agrupados. Na sequência, ordenados por ordem alfabética, foram retirados os repetidos.

### 2.1.7 Etapa 7 – Definir critério de seleção dos artigos

Definidos os termos de busca, intervalo de anos e tipo de trabalho, a busca pôde ser realizada. Foram encontrados 180 trabalhos sob as restrições estabelecidas dentre os quais 24 ocorrências repetidas. Com isso, o conjunto de trabalhos para a revisão de literatura ficou restrito a 156 trabalhos.

Com os trabalhos selecionados, foi necessário avaliar e separar aqueles que possuem relevância na busca por respostas para as questões de pesquisa apresentada na Etapa 1. Diante desta condição, todo o material que contivesse algum método para priorizar, agendar ou alocar salas cirúrgicas ou mesmo método para priorizar, agendar ou alocar pacientes em fila cirúrgica foi selecionado. Dentre os 156 trabalhos, apenas 32 continham estas características.

A Figura 3 resume quantitativamente as buscas pelos trabalhos nas bases *Scopus* e *Web of Science*. Para cada termo de busca utilizado, a Figura 3 apresenta as seguintes informações dispostas em colunas:

- a) Coluna 2008 – 2018: Número de trabalhos encontrados;
- b) Coluna s/repetidos: Número de trabalhos sem repetições;
- c) Coluna Sim: Número de trabalhos selecionados para leitura;
- d) Coluna Não: Número de trabalhos descartados; e
- e) Coluna %: Relação do número de trabalhos selecionados (coluna Sim) pelo número de trabalhos disponíveis (coluna s/ repetidos).

FIGURA 3 – RESUMO DOS RESULTADOS DA BUSCA NAS BASES DE DADOS

Sequência	Termos de busca	2008 - 2018	s/repetidos	Sim	Não	%
1	surgery center AND room prioritization	1	1	0	1	0%
2	surgery center AND room allocation	1	1	0	1	0%
3	surgery center AND room scheduling	12	12	2	10	17%
4	elective surgery AND room prioritization	0	0	0	0	
5	elective surgery AND room allocation	4	4	2	2	50%
6	elective surgery AND room scheduling AND criteria	34	30	13	17	43%
7	surgical specialty AND elective surgery AND allocation	55	49	12	37	24%
8	surgical specialty AND elective surgery AND prioritization	25	16	1	15	6%
9	surgical specialty AND multicriteria	6	3	1	2	33%
10	surgical AND patient prioritization AND criteria	42	40	1	39	3%
<b>Total</b>		<b>180</b>	<b>156</b>	<b>32</b>	<b>124</b>	

FONTE: O autor (2019).

### 2.1.8 Etapa 8 – Ler artigos selecionados para RSL

Ao término da seleção dos artigos da RSL, fez-se necessária a leitura destes materiais para busca de respostas às perguntas de pesquisa: **Qual especialidade cirúrgica deve-se alocar, como hierarquizá-la e qual método deve ser utilizado?**

Após a leitura de todos os artigos selecionados, identificou-se 2 trabalhos de revisão de literatura e 30 trabalhos que exploram métodos para agendamento de salas cirúrgicas ou pacientes em fila de espera. Nas revisões de literatura, Cardoen et al. (2010) discute como as pesquisas tratam o processo de planejamento e agendamento de salas cirúrgicas e Riet et al. (2015) explora os *trade-offs* na atividade de planejamento de cirurgias eletivas e de emergência. Nos 30 artigos restantes, a programação matemática é a abordagem utilizada por todos os pesquisadores como método de resolução dos problemas. Dentre estes, 23 trabalhos abordam pesquisas relacionadas a agendamento de salas cirúrgicas e 7 trabalhos abordam pesquisas sobre agendamento de pacientes. Diante disso, será apresentado como cada pesquisa trata o processo de agendamento, seja de salas cirúrgicas, seja de pacientes.

#### a) Agendamento de salas cirúrgicas

Dentre os trabalhos selecionados que pesquisam o tema agendamento de salas cirúrgicas, encontraram-se seis abordagens diferentes de programação matemática: *Integer Linear Programming*, *Mixed Integer Linear Programming*, *Mixed Integer Non-Linear Programming*, *Multiobjective Integer Linear Programming*, *Stochastic Integer Linear Programming* e *Stochastic Integer Non-Linear Programming*. A característica *Integer Programming* foi encontrada em todas as pesquisas.

Jebali et al. (2017) considera em seu trabalho, além da programação das salas cirúrgicas, a ocupação dos leitos de UTI pelos pacientes pós-cirúrgicos. Modela o problema utilizando uma abordagem estocástica considerando principalmente as incertezas quanto a duração da cirurgia, o tempo de permanência do paciente na UTI e as chegadas de pacientes para cirurgias de emergência que também ocuparão os leitos de UTI atribuindo a cada variável uma distribuição de probabilidade. Wang et al. (2014) trabalha com uma abordagem muito parecida com a de Jebali et al. (2017)



incluindo os cancelamentos cirúrgicos como variável no modelo. No entanto, não trata da ocupação dos leitos de UTI.

Guido et al. (2017) propõe um modelo multiobjetivo para gerenciar as salas cirúrgicas em um horizonte pré-estabelecido o qual determina: o tempo de cada especialidade atribuída a cada sala cirúrgica, o tempo de ocupação da sala cirúrgica para cada equipe de cirurgiões e o conjunto de cirurgias para o horizonte de planejamento. Para equilibrar as demandas cirúrgicas com os recursos disponíveis de maneira econômica, o trabalho propõe uma nova abordagem lidando com os níveis de decisão tática e operacional ao mesmo tempo. Esta inovação produz uma lista de espera e uma disponibilidade dos grupos de cirurgiões e outros recursos humanos para o próximo período de planejamento.

Outro trabalho que aborda a modelagem multiobjetivo foi o proposto por Meskens et al. (2013) que considera as afinidades entre as equipes cirúrgicas como parâmetro de agendamento de salas. O objetivo foi otimizar a utilização das salas de operações, minimizando o tempo de uso, as horas extras e maximizando as afinidades entre os membros da equipe cirúrgica (cirurgiões, enfermeiras e anestesiologistas).

Bing-Hai et al. (2016) apresenta uma proposta para geração de um cronograma de cirurgias eletivas considerando três estágios do paciente: antes da cirurgia, durante a cirurgia e depois da cirurgia. O problema consiste em atribuir o paciente a uma sala observando a qual destes estágios pertence minimizando o custo total da decisão.

Lima et al. (2016) apresenta uma proposta para o agendamento de enfermeiros em salas cirúrgicas ao longo de um dia de trabalho. Ele propõe dois modelos de otimização: o primeiro modelo aborda o problema de otimização multiobjetivo de designar enfermeiros para as cirurgias baseado em suas especialidades e em suas competências. O segundo modelo é projetado para gerar os intervalos de refeições dos enfermeiros, uma vez atribuída suas cirurgias.

Wanga et al. (2015) aborda o problema de agendamento de salas cirúrgicas considerando simultaneamente, as salas de cirurgia, a recuperação pós-anestésica, os recursos necessários para a cirurgia e a possível chegada de cirurgias de emergência. Neste modelo, além das cirurgias planejadas, o agendamento deve ser feito de forma a acomodar as cirurgias de emergência que possam chegar durante cada dia, as quais devem ser atendidas dentro de um prazo estabelecido.

Para resolver os problemas de programação inteira relativo ao tema de agendamento de salas cirúrgicas relacionados nesta RSL, apenas Anjomshoa et al.

(2018) e Meskens et al. (2013) optam pelo método exato. Anjomshoa et al. (2018) codifica o modelo na linguagem matemática de programação *OPL* e resolve com *CPLEX Optimizer*. No entanto, Meskens et al. (2013) implementa na linguagem de programação Java (JDK 1.6) e resolve com o *solver* incluído na biblioteca Java CHOCO 2.1.0. O restante dos trabalhos opta por resolver seus problemas de programação inteira com heurísticas.

Vali-Siar et al. (2018) propõe um método metaheurístico (algoritmo genético) e uma abordagem heurística construtiva, devido à complexidade do modelo e a incapacidade de resolver problemas de larga escala. Os resultados indicam que os métodos propostos têm um bom desempenho e a abordagem construtiva supera a abordagem genética pois a função objetivo da heurística construtiva proposta é, em média, 19% melhor do que a função objetivo da abordagem genética.

Lima et al. (2016) desenvolve um algoritmo de geração de colunas e uma heurística de troca de duas fases para encontrar atribuições viáveis de maneira rápida para o modelo multiobjetivo o qual identifica ser muito grande para resolver usando um *software* comercial.

Wanga et al. (2015) encontra, por meio do método exato, soluções ótimas para instâncias de pequeno porte. Porém, para instâncias maiores utiliza uma metaheurística baseada em um algoritmo genético e uma heurística construtiva.

Lim et al. (2016) identifica que o modelo multiobjetivo é muito grande para ser resolvido usando um *software* comercial e com isso desenvolve um algoritmo de geração de colunas e uma heurística de troca de duas fases para encontrar atribuições viáveis de maneira rápida.

#### b) Agendamento de pacientes

Agora, para os trabalhos selecionados que pesquisam o tema agendamento de pacientes, encontraram-se três abordagens de programação matemática: *Stochastic Integer Linear Programming*, *Multiobjective Integer Linear Programming* e *Mixed Integer Linear Programming*. Aqui, também se encontra a característica *Integer Programming* em todas as pesquisas

Saadouli et al. (2015) estuda o problema do agendamento de pacientes para cirurgia eletiva na divisão de cirurgia ortopédica do hospital *Habib Bourguiba* na Tunísia. Dois tipos de recursos são considerados: salas de operação e camas para

recuperação. O problema consiste em otimizar a atribuição de pacientes às salas de operação impedindo a alocação quando não houver cama disponível na sala de recuperação. A solução proposta leva em consideração a incerteza na cirurgia, a duração da recuperação e a capacidade de recursos que torna, devido às características dos parâmetros, um modelo estocástico.

Min et al. (2010) propõe um modelo de programação estocástica para agendar pacientes eletivos com diferentes prioridades baseado no *trade-off* entre o custo da hora extra de trabalho e o custo do adiamento da cirurgia. A prioridade atribuída a cada paciente não muda até que o paciente seja agendado e removido da lista de espera. Antes de o paciente ser adicionado à lista de espera, o cirurgião referido determina sua prioridade a qual é gerada a partir da soma ponderada dos valores numéricos de três critérios clínicos: progressão da doença, dor ou disfunção e incapacidade do paciente.

O trabalho proposto por Saremi et al. (2015) objetiva minimizar o tempo de espera dos pacientes e o tempo de conclusão da cirurgia. Para isto, trabalha com restrições de recursos compatíveis com o perfil de cada especialidade cirúrgica e os tempos mencionados de forma estocástica.

Marquesa et al. (2014) descreve o problema de alocação de pacientes às salas cirúrgicas no qual os pacientes têm diferentes níveis de gravidade quando são diagnosticados e sua condição de saúde se deteriora com o aumento do tempo de espera. Além disso, a incerteza na duração das cirurgias é incorporada neste problema. Propõe-se um modelo estocástico de programação linear inteira para otimizar a alocação de cirurgias considerando a pior condição de saúde do paciente entre todos os pacientes que aguardam cirurgias e as horas extras totais que excedem o tempo disponível para execução das cirurgias.

Malik et al. (2015) formula e resolve de forma única um problema bi-objetivo de planejamento de capacidade agregada de saúde para simultaneamente minimizar o número de pacientes esperando por uma cirurgia eletiva e os custos associados a este processo.

Clavel et al. (2018) detalha em seu trabalho as etapas do processo de agendamento de pacientes eletivos e urgentes. A proposta apresentada é dividida em três etapas: em primeiro lugar, os pacientes eletivos são agendados para uma sala cirúrgica buscando respeitar a ordem dos pacientes na lista de espera; na segunda etapa, os pacientes urgentes são agendados no tempo restante garantindo que um

paciente urgente não espere mais de 48 horas; e, na terceira etapa, as cirurgias são designadas para cada sala de operações (eletiva e urgente) de maneira que o tempo que um paciente de emergência deve aguardar seja mínimo.

Dentre os trabalhos relacionados na RSL sobre o tema agendamento de pacientes, apenas Saadouli et al. (2015) opta pela resolução do problema de programação inteira pelo método exato. Para isto, adapta seu problema ao problema da mochila utilizando o Cplex 12.1 para resolver. Todos os outros trabalhos obtêm a solução para os problemas por métodos heurísticos. Malik et al. (2015) e Saremi et al. (2015) optam por resolver o problema utilizando algoritmo genético de ordenação não dominado, do inglês, *Non Dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA II)* e Marquesa et al. (2014) utiliza algoritmos genéticos para resolução. O Quadro 1, apresentado na sequência, compacta todas as características dos 32 artigos selecionados para a leitura.

Em resumo, os trabalhos selecionados pelo processo de RSL apresentam a programação inteira como característica comum na abordagem de programação matemática tanto para o tema de agendamento de salas cirúrgicas quanto para o tema de agendamento de pacientes. Outra característica que se destaca nos trabalhos foi o método de resolução dos problemas. Devido à complexidade e tamanho dos modelos relacionado ao tema pesquisado, o método heurístico foi o mais utilizado nos trabalhos. No entanto, não foi encontrado nenhum trabalho que especifica um método para priorizar a escolha de uma especialidade cirúrgica baseado em critérios de decisão e, com isso, responder em sua totalidade à pergunta que motiva a RSL: **Qual especialidade cirúrgica deve-se alocar, como hierarquizá-la e qual método deve ser utilizado?**

Dentre os trabalhos selecionados, ainda não mencionado, encontra-se o de Rahimi et al. (2016) que propõe a utilização do método *Analytical Hierarchy Process* (AHP) para priorizar pacientes em fila cirúrgica, mais especificamente, em uma fila de cirurgias ortopédicas. Este se baseia na comparação entre critérios e subcritérios para quantificar a posição do paciente na fila. Após este processo de quantificação, o autor utiliza estes valores para construir um modelo de priorização destes pacientes na fila cirúrgica.

Abaixo, será apresentado o método AHP o qual será utilizado nesta pesquisa como método para hierarquização das especialidades cirúrgicas disponíveis para o processo de alocação às salas.

QUADRO 1 – RELAÇÃO DE TODAS AS CARACTERÍSTICAS DOS 32 ARTIGOS SEPARADOS PARA LEITURA NA RSL

Título do artigo	Autor	Ano	Revista	Qualis	Nº de Citações	Tipo de agendamento (salas ou pacientes)	Programação matemática	Método de busca pela solução
Operating room planning and scheduling: A literature review	Cardoen, B.; Demeulemeester, E.; Beliën, J.	2010	European Journal of Operational Research	A1	479	Agendamento de salas cirúrgicas	-	-
Trade-offs in operating room planning for electives and emergencies: A review	Riet, C. V.; Demeulemeester, E.	2015	Operations Research for Health Care	B3	16	Agendamento de salas cirúrgicas	-	-
An improved Lagrangian relaxation heuristic for the scheduling problem of operating theatres	Bing-hai, Z.; Meng, Y.; Zhi-qiang, L.	2016	Computers & Industrial Engineering	A2	7	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
Operating room scheduling with Generalized Disjunctive Programming	Castro, P. M.; Marques, I.	2015	Computers & Operations Research	A2	11	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
Optimal distribution of operating hours over operating rooms using probabilities	Koppka, L.; Wiese, L.; Schacht, M.; Werners, B.	2018	European Journal of Operational Research	A1	1	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
Scheduling operating rooms with consideration of all resources, post anesthesia beds and emergency surgeries	Núñez, G. L.; Lüer-Villagra, A.; Marianov, V.; Obreque, C.; Ramis, F.; Neriz, L.	2016	Computers & Industrial Engineering	A2	15	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
New heuristics for planning operating rooms	Molina-Pariente, J. M.; Hans, E. W.; Framinan, J. M.; Gomez-Cia, T.	2015	Computers & Industrial Engineering	A2	7	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
A SOMO-based approach to the operating room scheduling problem	Su, M.; Lai, S.; Wang, P.; Hsieh, Y.; Lin, S.	2011	Expert Systems with Applications	A1	13	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
Surgical scheduling with simultaneous employment of specialised human resources	Silva, T. A. O.; Souza, M. C.; Saldanha, R. R.; Burke, E. K.	2015	European Journal of Operational Research	A1	9	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem	Xiang, W.; Yin, J.; Lim, G.	2015	Computers & Industrial Engineering	A2	19	Agendamento de salas cirúrgicas	Integer Linear Programming	Heurística
Multi-period and multi-resource operating room scheduling under uncertainty: A case study	Vali-Siar, M. M.; Gholami, S.; Ramezani, R.	2018	Computers & Industrial Engineering	A2	0	Agendamento de salas cirúrgicas	Mixed Integer Linear Programming	Heurística

Scheduling operating theatres: Mixed integer programming vs. constraint programming	Wanga, T.; Meskensb, N.; Duvivier, D.	2015	European Journal of Operational Research	A1	9	Agendamento de salas cirúrgicas	Mixed Integer Linear Programming	Heurística
Waiting list management through master surgical schedules: A case study	Spratt, B.; Kozan, E.	2016	Operations Research for Health Care	B3	3	Agendamento de salas cirúrgicas	Mixed Integer Non-Linear Programming	Heurística
An exact approach for tactical planning and patient selection for elective surgeries	Anjomshoa, H.; Dumitrescu, I.; Lustig, I.; Smith, O. J.	2018	European Journal of Operational Research	A1	1	Agendamento de salas cirúrgicas	Multiobjective Integer Linear Programming	Exato
Mathematical model for maximizing operating rooms utilization	Bouguerra, A.; Sauvey, C.; Sauer, N.	2015	IFAC-PapersOnLine	-	2	Agendamento de salas cirúrgicas	Multiobjective Integer Linear Programming	Heurística
A hybrid genetic approach for solving an integrated multi-objective operating room planning and scheduling problem	Guido, R.; Conforti, D.	2017	Computers & Operations Research	A2	9	Agendamento de salas cirúrgicas	Multiobjective Integer Linear Programming	Heurística
Nurse scheduling with lunch break assignments in operating suites	Lima, G. J.; Mobasherb, A.; Bard, J. F.; Najjarbashi, A.	2016	Operations Research for Health Care	B3	3	Agendamento de salas cirúrgicas	Multiobjective Integer Linear programming	Heurística
Bicriteria elective surgery scheduling using an evolutionary algorithm	Marquesa, I.; Captivo, M. E.	2015	Operations Research for Health Care	B3	7	Agendamento de salas cirúrgicas	Multiobjective Integer Linear Programming	Heurística
Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team	Meskens, N.; Duvivier, D.; Hanset, A.	2013	Decision Support Systems	A1	57	Agendamento de salas cirúrgicas	Multiobjective Integer Linear Programming	Exato
A Decision Support System for Operating Room scheduling	Dios, M.; Molina-Pariente, J. M.; Fernandez-Viagas, V.; Andrade-Pineda, J. L.; Framinan, J. M.	2015	Computers & Industrial Engineering	A2	14	Agendamento de salas cirúrgicas	Stochastic Integer Linear Programming	Heurística + Exato
Scheduling elective surgery patients considering time-dependent health urgency: Modeling and solution approaches	Eun, J.; Kim, S. P.; Yih, Y.; Tiwari, V.	2018	Omega	A1	0	Agendamento de salas cirúrgicas	Stochastic Integer Linear Programming	Heurística
A Chance-constrained operating room planning with elective and emergency cases under downstream capacity constraints	Jebali, A.; Diabat, A.	2017	Computers & Industrial Engineering	A2	3	Agendamento de salas cirúrgicas	Stochastic Integer Linear programming	Heurística + Exato
Adapting GA to solve a novel model for operating room scheduling problem with endogenous uncertainty	Saadouli, H.; Jerbi, B.; Dammaka, A.; Masmoudi, L.; Bouaziz, A.	2018	Operations Research for Health Care	B3	1	Agendamento de salas cirúrgicas	Stochastic Integer Linear Programming	Heurística
A column-generation-based heuristic algorithm for solving operating theater planning problem	Wang, Y.; Tang, J.; Fung, R. Y. K.	2014	International Journal of	A1	23	Agendamento de salas cirúrgicas	Stochastic Integer Linear Programming	Heurística

under stochastic demand and surgery cancellation risk		Production Economics			
On capacity allocation for operating rooms	Choi, S.; Wilhelm, W. E.	2014	Computers & Operations Research	A2	12
A new dynamic integrated framework for surgical patients' prioritization considering risks and uncertainties	Rahimi, S. A.; Jamshidi, A.; Ruiz, A.; Alt-kadi, D.	2016	Decision Support Systems	A1	8
A Three Steps Approach for Surgery Planning of Elective and Urgent Patients	Clavel, D.; Xie, X.; Mahulea, C.; Silva, M.	2018	IFAC-PapersOnLine	-	0
Aggregate capacity planning for elective surgeries: A bi-objective optimization approach to balance patients waiting with healthcare costs	Malik, M. M.; Khan, M.; Abdallah, S.	2015	Operations Research for Health Care	B3	2
Scheduling elective surgeries in a Portuguese hospital using a genetic heuristic	Marquesa, I.; Captivo, M. E.; Pato, M. V.	2014	Operations Research for Health Care	B3	29
An elective surgery scheduling problem considering patient priority	Min, D.; Yih, Y.	2010	Computers & Operations Research	A2	59
A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department	Saadouli, H.; Jerbj, B.; Dammaka, A.; Masmoudi, L.; Bouaziz, A.	2015	Computers & Industrial Engineering	A2	33
Bi-criteria appointment scheduling of patients with heterogeneous service sequences	Saremi, A.; Julia, P.; ElMekkawy, T.; Wangd, G. G.	2015	Expert Systems with Applications	A1	10

FONTE: O autor (2019).



## 2.2 O MÉTODO MULTICRITÉRIO *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP)

As pessoas veem descobrindo o quanto é difícil e desconfortável confiar em decisões intuitivas de seus líderes sobre questões complexas (SAATY, 1977). Tomando os sentimentos e as experiências das pessoas como base para tomada de decisões, Saaty (1977) percebeu que podia decodificá-las em critérios e hierarquizar as escolhas transformando isso em uma estrutura lógica para a realização de julgamentos organizados e consequentemente proporcionar uma tomada de decisão estruturada.

### 2.2.1 Por que o AHP?

Atualmente, o AHP é um dos métodos de decisão multicritério mais populares e mais amplamente aplicado à problemas de decisão (VAIDYA et al., 2006). Seu destaque entre os demais métodos de tomada de decisão se dá devido a sua simplicidade algébrica e sua flexibilidade de aplicação (RAHIMI et al., 2016).

Abaixo tem-se alguns dos motivos da ampla utilização do método de decisão multicritério AHP (SAATY, 1994):

- a) Os julgamentos são baseados na experiência e sentimento das pessoas;
- b) Transporta do espaço qualitativo para o quantitativo as percepções e experiências das pessoas;
- c) Considera uma escala numérica pré-estabelecida para validação destas percepções;
- d) Proporciona a representação do problema em uma estrutura hierárquica de fácil compreensão e construção;
- e) Não requer conhecimento avançado da técnica;
- f) Sua aplicação é bastante diversificada (RAHIMI et al., 2016; LIMA et al., 2016).

### 2.2.2 Como trabalha o AHP?

O método AHP é utilizado para obter escalas de comparações pareadas, ou seja, o método compara o nível de relevância de um critério, item ou característica em relação a outro. Estas comparações pareadas podem ser obtidas por medições reais



ou a partir de uma escala fundamental o qual reflete a força relativa entre os critérios, itens ou características avaliadas ou julgadas em pares (SAATY, 1987).

### 2.2.3 Quem deve julgar estas comparações?

O julgamento dos critérios em pares deve ser realizado por participantes do processo pois isso depende da experiência e conhecimento que cada profissional tem sobre a relação entre os critérios utilizados para a tomada de decisão (SAATY et al., 1985).

A decisão multicritério tem como objetivo possibilitar a expansão de conhecimento pelas pessoas estabelecendo prioridades na tomada de decisões a partir deste conhecimento. No entanto, ao longo do tempo, os valores e as percepções sobre as escolhas mudam. O que hoje representa uma relação de importância de um critério contra outro, pode não significar a mesma coisa amanhã e, com isso, os valores devem ser revistos obtendo desta forma novas prioridades relativas (SAATY, 1994).

Abaixo segue uma síntese das principais características do método proposto por Saaty (1977):

- a) Transforma em critérios os sentimentos e experiências das pessoas envolvidas no processo de tomada de decisão;
- b) Organiza os critérios e as possíveis alternativas de decisão em ordem hierárquica;
- c) Associa valores numéricos que relacionam a importância relativa entre os critérios e alternativas de decisão;
- d) Identifica o grau de prioridade para cada alternativa de decisão;
- e) Classifica ou hierarquiza as alternativas disponíveis para a tomada de decisão.

Agora, retoma-se a etapa 1 com o objetivo de responder às perguntas que motivaram esta RSL.

Qual método deve ser utilizado para esta alocação?

Como já apresentado no decorrer deste capítulo, todos os trabalhos selecionados pela RSL utilizaram a programação inteira como abordagem de programação matemática. Portanto, será utilizada esta abordagem na construção do

modelo matemático para apoiar o processo de alocação das especialidades às salas cirúrgicas.

Como priorizar as especialidades disponíveis?

O método proposto por Saaty (1977), utilizado no trabalho de Rahimi et al. (2016), prioriza as alternativas disponíveis para a tomada de decisão. Com isso, será utilizado o método AHP para priorizar as especialidades e apoiar o processo de alocação destas às salas cirúrgicas.

Por fim, qual especialidade cirúrgica deve-se alocar para a sala com horário disponível?

Ao método de priorização das especialidades cirúrgicas, dado pelo AHP, soma-se um modelo de programação linear inteira para apoiar o processo de alocação das especialidades às salas cirúrgicas.

Ressalta-se que a proposta de um modelo híbrido a ser apresentada neste trabalho, ou seja, um método que prioriza as alternativas disponíveis no caso especialidades cirúrgicas somado a um modelo matemático de programação inteira para determinar a alocação das especialidades às salas cirúrgicas não foi encontrado em nenhuma ocorrência na busca realizada por meio da RSL.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

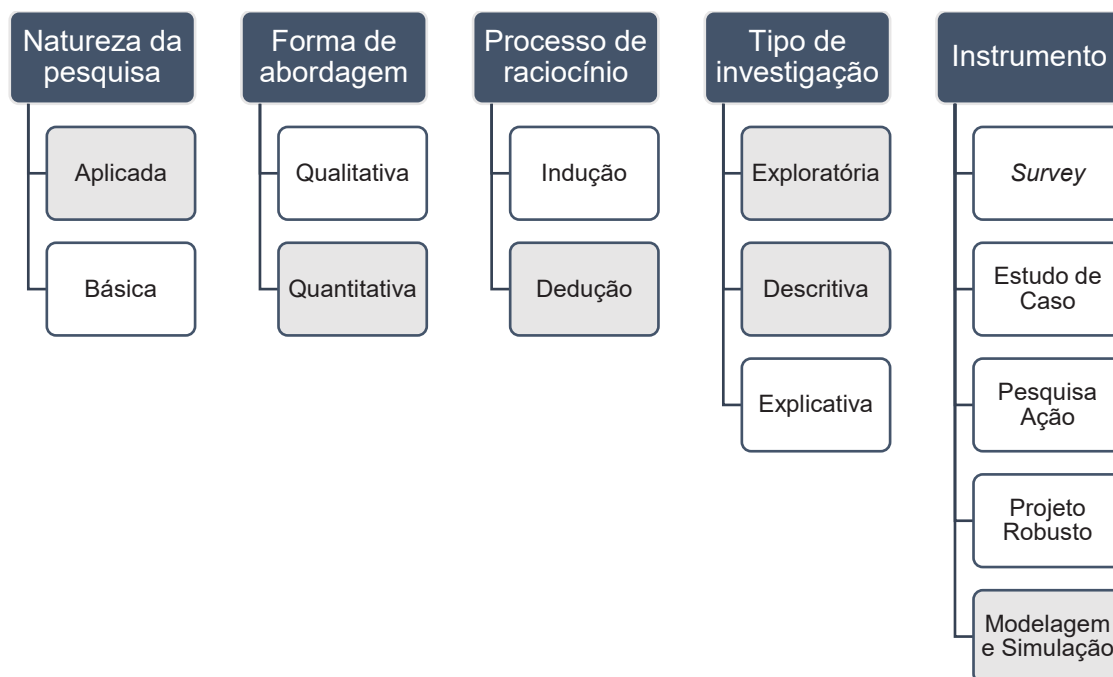
Este capítulo apresenta a proposta metodológica aplicada neste trabalho e está organizado da seguinte forma: método e caracterização do trabalho e desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

#### 3.1 MÉTODO E CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa compõe-se dos seguintes aspectos metodológicos apresentado na Figura 4:

- a) Quanto à natureza, a pesquisa é caracterizada como aplicada. Segundo Neto e Pureza (2012, p. 173), este tipo de pesquisa tem como objetivo gerar conhecimento para uma aplicação prática orientada a problemas específicos entregando benefícios aos envolvidos pela pesquisa.
- b) Quanto à forma de abordagem a pesquisa é classificada como quantitativa. Martins et al. (2012, p. 47) esclarece que a característica mais evidente da abordagem quantitativa é a mensuração das variáveis de pesquisa.
- c) Quanto ao processo de raciocínio, o método científico utilizado foi o dedutivo. De acordo com Martins et al. (2012, p. 59), o método dedutivo propõe a compreensão de um modelo de resolução seguido de uma aplicação em uma situação específica.
- d) Quanto ao tipo de investigação a pesquisa é enquadrada em exploratória e descritiva. Neste modelo de investigação, há maior iteração com o problema permitindo uma descrição detalhada do estudo (NETO e PUREZA 2012, p. 178). A pesquisa pode ser considerada exploratória porque analisa métodos de agendamento de salas cirúrgicas e agendamento de pacientes e descritiva, pois os utiliza em um modelo matemático para suportar à decisão de ocupação de horários disponíveis em salas de um centro cirúrgico.
- e) Quanto ao instrumento de pesquisa será utilizado a modelagem e simulação. De acordo com Martins et al. (2012, p. 50) o pesquisador que trabalha com este instrumento procura descrever a realidade através de variáveis manipulando níveis na busca de uma solução para o problema proposto. Nesta pesquisa, será proposto um modelo matemático para apoiar a decisão de ocupação de horários disponíveis em salas de um centro cirúrgico.

FIGURA 4 – ASPECTOS METODOLÓGICOS DE PESQUISA

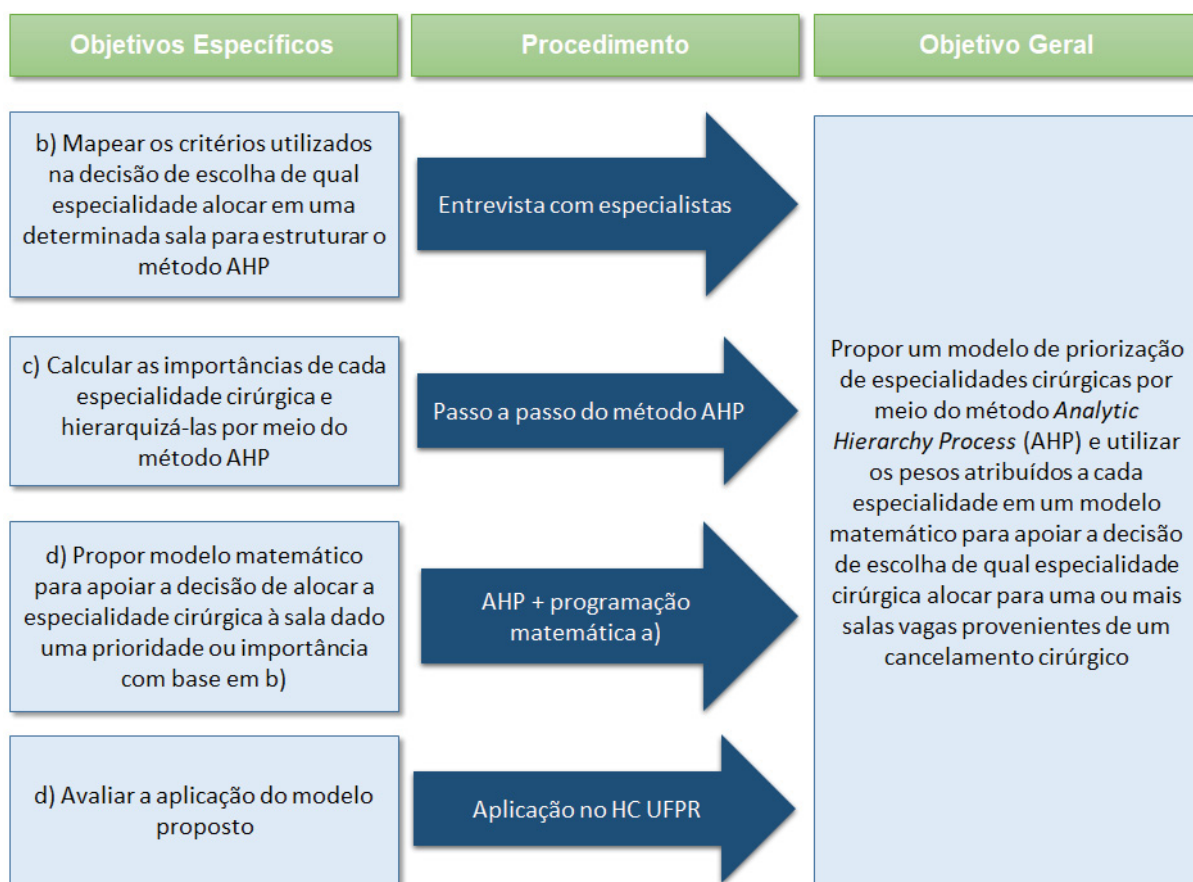


FONTE: O autor (2019).

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO DE PESQUISA

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, é necessário identificar os procedimentos que devem ser realizados para alcançar cada um dos 4 objetivos específicos. A Figura 5 resume como cada procedimento se relaciona com os objetivos específicos para alcance do objetivo geral.

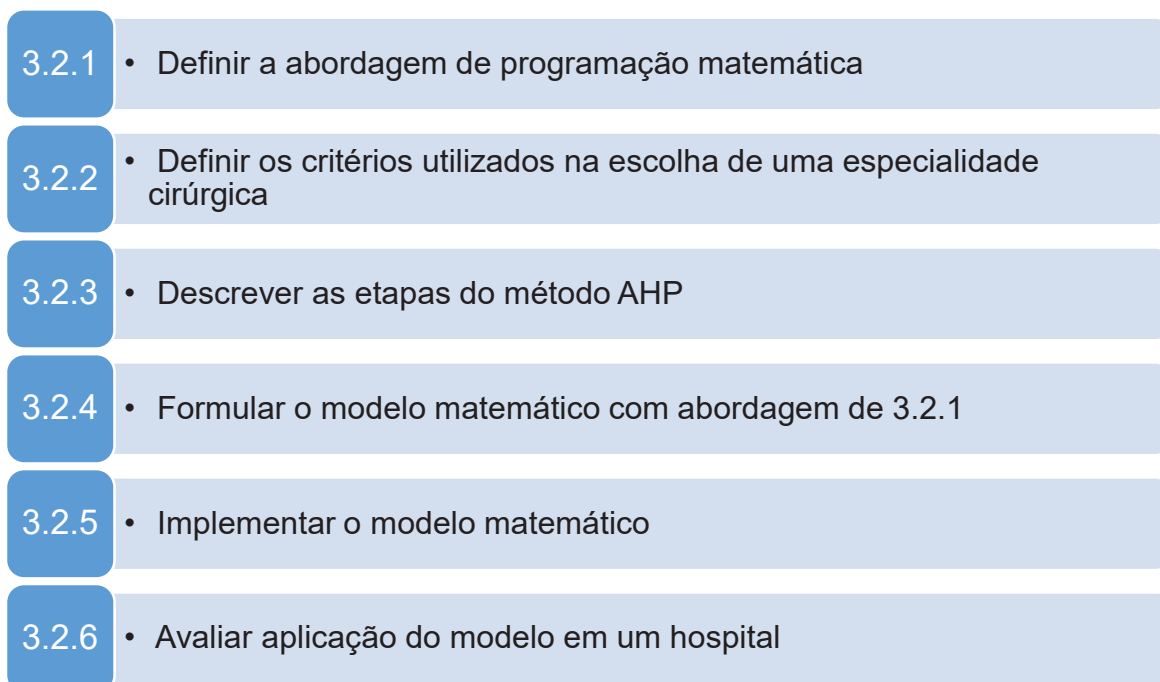
FIGURA 5 – RESUMO DA RELAÇÃO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS COM O GERAL



FONTE: O autor (2019).

A proposta nesta etapa da pesquisa é desenvolver um protocolo de trabalho que defina sequencialmente os procedimentos necessários para alcançar cada objetivo específico e, com isso, atingir o objetivo geral. A Figura 6 apresenta cada um dos procedimentos os quais serão detalhados posteriormente:

FIGURA 6 – ETAPAS DO PROTOCOLO DO TRABALHO DE PESQUISA



FONTE: O autor (2019).

### 3.2.1 Definir a abordagem de programação matemática

A RSL apresentada no Capítulo 2 mostrou que a programação inteira foi a abordagem de programação matemática comum em todos os trabalhos selecionados e também a abordagem escolhida para a construção dos modelos. Com isso, assumindo que as variáveis de decisão do modelo são as especialidades cirúrgicas, assume-se que as variáveis de decisão serão binárias, ou seja, 1 se a especialidade  $j$  for alocada para uma sala  $i$  ou 0 caso contrário para todo  $i$  pertencente ao conjunto de salas disponíveis e para todo  $j$  pertencente ao conjunto das especialidades disponíveis.

Como ilustração, para um conjunto de 13 especialidades, 11 salas e 2 horários disponíveis, a Figura 7 apresenta a alocação de duas especialidades a duas salas. No exemplo, tem-se a especialidade 2 alocada na sala 2 e a especialidade 11 alocada na sala 10.

No item 3.2.4 será detalhado como se dá este processo de alocação com base nas importâncias ou prioridades de cada especialidade.

FIGURA 7 – EXEMPLO DE UMA ALOCAÇÃO DE ESPECIALIDADE À SALA

	Espec. 1	Espec. 2	Espec. 3	Espec. 4	Espec. 5	Espec. 6	Espec. 7	Espec. 8	Espec. 9	Espec. 10	Espec. 11	Espec. 12	Espec. 13
Sala 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Sala 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FONTE: O autor (2019).

### 3.2.2 Definir os critérios utilizados na escolha de uma especialidade cirúrgica

Lasorsa et al. (2018) propõem um *brainstorming* entre os profissionais envolvidos com o processo decisório no levantamento dos potenciais critérios utilizados na tomada de decisão para obtenção de serviços hospitalares não clínicos e apoiar atividades clínicas, como o serviço de esterilização e a engenharia clínica.

Rahimi et al. (2016) relata que a definição dos fatores de priorização (critérios) é um dos passos mais importantes no procedimento de priorização. O autor propõe a realização de uma discussão semi-estruturada entre todas as partes envolvidas neste processo de priorização (incluindo cirurgiões e tomadores de decisão) para identificar quais critérios são utilizados no processo de seleção de um paciente da fila de espera. Ainda, ressalta a necessidade de se obter uma clara compreensão do significado de cada um dos critérios utilizados.

Para este trabalho, propõe-se a utilização de uma entrevista semi-estruturada com os especialistas do processo de gestão do centro cirúrgico (profissionais que administram e operacionalizam as atividades) com objetivo de identificar os critérios utilizados para seleção de uma especialidade dado um ou mais horários disponíveis a partir de um cancelamento cirúrgico. Para isto, faz-se necessário estabelecer um grupo de profissionais que participam do processo de gestão do cc. De acordo com Vali-Siar et al. (2018), as decisões tomadas para o gerenciamento e planejamento de salas de cirurgia geralmente são divididas em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional. Diante disso, propõe-se uma entrevista com pelo menos 2 representantes de cada uma das 3 camadas do processo de gestão do cc, ou seja, dois entrevistados que participam de decisões estratégicas do cc, dois entrevistados que participam do gerenciamento do cc e dois entrevistados que operacionalizam o

processo de escolha das especialidades para as salas cirúrgicas totalizando 6 entrevistados. Com isso, espera-se conseguir capturar todos os critérios utilizados no processo decisório para escolha de uma especialidade.

Para as entrevistas, sugere-se as seguintes perguntas aos entrevistados: No ato de cancelamento de uma cirurgia, qual a especialidade é alocada em seu lugar? Qual ou quais critérios vocês utilizam para definição desta especialidade? Dentre os critérios utilizados quais são os mais importantes? Para os critérios apontados como importantes, há subcritérios utilizados neste processo de decisão? Nesta etapa de entrevistas, é importante evidenciar que o objetivo das perguntas é buscar os critérios que são utilizados para escolha de uma especialidade cirúrgica.

### 3.2.3 Descrever as etapas do método AHP

Nas etapas que seguem, pretende-se apresentar o passo a passo necessário para utilização do método AHP baseado no trabalho desenvolvido por Saaty (1987).

#### a) Definir o problema de decisão

Nesta etapa apresenta-se o problema cuja decisão é tomada de forma não estruturada. Para este trabalho, a decisão não estruturada refere-se a escolha de uma especialidade cirúrgica dado um ou mais horários disponíveis a partir de um ou mais cancelamentos.

#### b) Definir os critérios e das alternativas de escolha para a tomada de decisão

Com base no item 3.2.2, são levantados os critérios e as possíveis alternativas de escolha (especialidades cirúrgicas) utilizados para que a decisão ocorra.

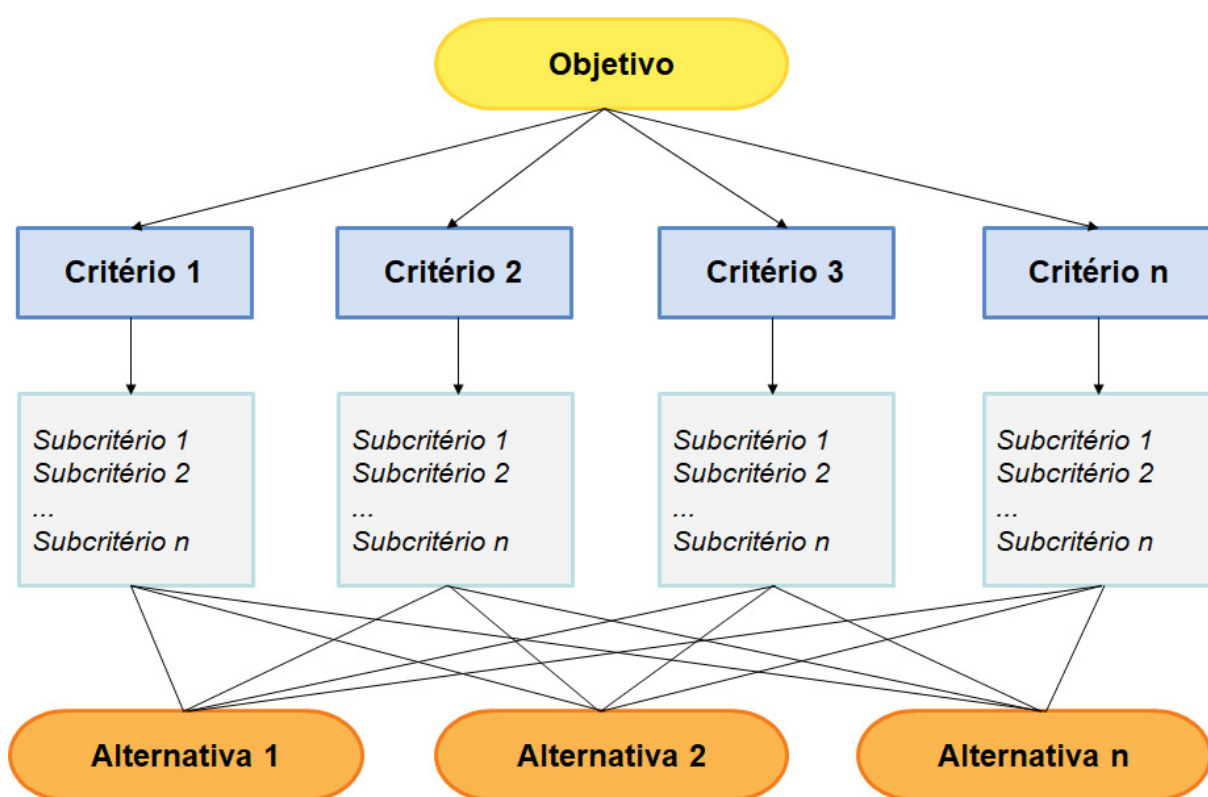
#### c) Organizar o problema, critérios e alternativas de escolha de forma hierarquizada

As hierarquias são uma das principais características do método. Ela é estruturada em níveis ou camadas iniciada pelo objetivo que se pretende



alcançar. No seguinte nível, após estabelecido o objetivo, estão os critérios. Os critérios de decisão correspondem a atributos ou parâmetros a partir dos quais o julgador justifica ou avalia sua preferência. Os critérios podem ser desdobrados em subcritérios integrando outro nível hierárquico. Finalmente, no último nível de hierarquia, estão situadas as alternativas compostas por um conjunto de possíveis opções que o julgador tem para sua escolha. Esta etapa está ilustrada na Figura 8.

FIGURA 8 – CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS DE ESCOLHA DO MÉTODO AHP



FONTE: Adaptado de Saaty (1987).

d) Coletar as avaliações ou julgamentos par a par dos especialistas

Estruturado o problema, devemos realizar uma comparação em pares de cada um dos critérios e, para cada critério, uma comparação entre as alternativas. Para isso, o julgador deve identificar a importância relativa de uma opção contra outra (critério contra critério ou alternativa contra alternativa) atribuindo um grau de importância de acordo com o quadro proposto por Saaty

(1987). Esta comparação mede quanto mais ou quanto menos importa uma opção contra outra. Na Figura 9 é apresentado os graus de importância a serem atribuídos pelo julgador com sua respectiva explicação.

FIGURA 9 – GRAUS DE IMPORTÂNCIA DO MÉTODO AHP COM EXPLICAÇÕES

Intensidade de importância em valor absoluto	Grau de importância entre um e outro	Explicação
1	Igual	Duas opções contribuem <b>igualmente</b> para o objetivo
3	Moderada	A experiência e o julgamento favorece <b>moderadamente</b> uma opção em detrimento a outra
5	Essencial ou forte	A experiência e o julgamento favorece <b>essencialmente</b> uma opção em detrimento a outra
7	Grande	A experiência e o julgamento favorece <b>grandemente</b> uma opção em detrimento a outra
9	Extrema	A experiência e o julgamento favorece <b>extremamente</b> uma opção em detrimento a outra
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando há necessidade de uso

FONTE: Adaptado de Saaty (1987)

Para exemplificar o que foi comentado neste item, sejam A e B dois critérios a serem julgados par a par. Para refletir o grau de importância de A sobre B utiliza-se o quadro de escalas (SAATY, 1987) apresentado na Figura 10. Suponha que A tenha uma importância forte sobre B, ou seja, tenha uma importância maior sobre B. Então, de acordo com a escala numérica, a atribuição de valor ao julgamento de A contra B é de 5. Utilizando esta regra de atribuição de valor todos os julgamentos devem ser realizados.

FIGURA 10 – GRAUS DE IMPORTÂNCIA DO MÉTODO AHP

Absolutamente maior	Muito maior	Maior	Pouco maior	Igual	Pouco menor	Menor	Muito menor	Absolutamente menor
9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9

FONTE: Adaptado de Saaty (1987)

#### e) Construir a matriz de decisões

Como apresentado na etapa d), o método possui sua própria escala de julgamento. A partir da realização de todos os julgamentos necessários, constrói-se a matriz de comparação pareada. Esta matriz tem sua dimensão igual ao número de critérios ou alternativas julgadas, ou seja, se temos  $n$  critérios e  $m$  alternativas a matriz de critérios terá dimensão  $n$  e a matriz de alternativas terá dimensão  $m$ .

Na diagonal principal, onde temos a importância dos critérios e alternativas contra si mesmo, completa-se com o valor 1, isto é, as opções contribuem com igual importância para o objetivo de acordo com a Figura 11. Para o restante dos juízos, devemos ter em conta uma relação de reciprocidade, ou seja, a atribuição de valor ao julgamento de A contra B é de 5 se e somente se a atribuição de valor ao julgamento de B contra A é de 1/5 de acordo com o exemplo apresentado na etapa anterior.

FIGURA 11 – ILUSTRAÇÃO DA ATRIBUIÇÃO DE VALOR NO MÉTODO AHP

CRITÉRIO	C1	C2	A	C4	B	...	Cn
C1	1						
C2		1					
A			1		5		
C4				1			
B			1/5		1		
...						1	
Cn							1

FONTE: o autor (2019).

f) Construir a matriz de decisões normalizada

Para dar continuidade ao processo de obtenção da alternativa que atenda ao objetivo estabelecido, é necessária a construção da matriz normalizada. Para isto, utiliza-se o procedimento denominado de proporção total o qual divide-se cada componente da matriz original pela soma dos elementos correspondentes a sua coluna.

Para melhor explicar o que foi descrito acima, segue o procedimento de normalização em sua forma algébrica.

Seja  $A_{n \times n}$  a matriz de decisões construída na etapa e) dada por:

$$A_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Seja  $b_j$  o vetor cujos elementos são a soma de todos  $a_{ij}$  para toda coluna  $j$  de  $A_{n \times n}$  dado por:

$$b_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad \text{para todo } j = 1, \dots, n$$

Com isso, a matriz de decisões normalizada  $N_{n \times n}$  é dada por:

$$N_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11}/b_1 & \dots & a_{1n}/b_n \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/b_1 & \dots & a_{nn}/b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{11} & \dots & n_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ n_{n1} & \dots & n_{nn} \end{bmatrix}$$

g) Construir o vetor de prioridade ou pesos

O seguinte passo é calcular o vetor de prioridades ( $vp_n$ ) ou pesos o qual é obtido pelo cálculo da média aritmética de cada linha da matriz normalizada.

$$vp_n = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^n n_{1j} \\ \dots \\ \sum_{j=1}^n n_{nj} \end{bmatrix}, \text{ para toda linha } i = 1, \dots, n \text{ da matriz } N_{n \times n}$$

h) Realizar o cálculo da razão de consistência dos julgamentos realizados

Para que os vetores de prioridade indiquem realmente que uma alternativa é melhor que outra, a matriz de comparação pareada deve ser consistente, ou seja, os juízos de valores realizados pelo julgador devem ser coerentes.

A razão de consistência (RC) da matriz pareada é obtida após um conjunto de cálculos intermediários que serão apresentados na sequência.

Primeiro, faz-se necessário o cálculo de  $\lambda w$  que é dado por:

$$\lambda w = A_{n \times n} * vp_n$$

Com  $\lambda w$  calculado, calcula-se o  $\bar{\lambda}$  que é dado por:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{k=1}^n \lambda w_k / vp_k}{n}$$

De posse de  $\bar{\lambda}$  e dada a dimensão  $n$  da matriz pareada, calcula-se o índice de consistência (IC) que é dado por:

$$IC = \frac{\bar{\lambda} - n}{n - 1}$$

Para verificar se o grau de consistência é admissível, utiliza-se como referência um índice de consistência aleatório (IA) que se obteve por simulação o qual é resumido na Figura 12.

FIGURA 12 – ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIO DO MÉTODO AHP

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404

n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

FONTE: Adaptado de Saaty (1987).

Por fim, com IC calculado e o IA obtido com base na dimensão  $n$  da matriz pareada, pode-se calcular a razão de consistência que é dado por:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

FIGURA 13 – REGRA DA RELAÇÃO DE CONSISTÊNCIA DO MÉTODO AHP

Regra da relação de consistência	
$RC = 0$	implica em julgamentos <b>consistentes</b>
$RC \leq 0,10$	implica em <b>inconsistências admissíveis</b>
$RC > 0,10$	implica em <b>inconsistências inadmissíveis</b>

FONTE: Adaptado de Saaty (1987)

Assim, baseado no resultado encontrado para RC, comparamos com o valor apresentado na Figura 13.

#### i) Agrupar os resultados das entrevistas

Quando são realizadas mais de uma entrevista para cálculo das prioridades, faz-se necessário o cálculo do resultado geral de cada nível o qual agrupa-se em uma matriz o resultado de todos os julgamentos realizados pelos entrevistados (SAATY, 1987). Este agrupamento se dá a partir da média geométrica dos resultados obtidos de cada julgamento de critérios para cada entrevistado. Ao final deste processo, tem-se a matriz de decisões consolidada. Por fim, aplicam-se os passos descritos em f), g) e h) apresentados nesta seção (3.2.3) para enfim ter-se os pesos de cada critério e subcritério.

#### 3.2.4 Formular o modelo matemático com abordagem de 3.2.1

A formulação do modelo matemático tem como característica principal preencher os tempos disponíveis das salas cirúrgicas com as especialidades sempre que um ou mais horários forem disponibilizados. O modelo proposto considera restrições de recursos (médico cirurgião, anestesista, etc.) para cada especialidade apresentado em 3.2, quantidade de horários disponíveis para cada sala apresentado em 3.3 e se a sala pode ser utilizada pela especialidade apresentado em 3.4. Será apresentado na sequência o modelo matemático proposto para apoiar este processo de alocação dado que cada uma das especialidades possui um peso calculado pelo método AHP.

$$\text{Maximizar } z = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^E x_{ij} * u_j \quad (3.1)$$

$S$ : Número de salas cirúrgicas disponíveis.

$E$ : Número de especialidades cirúrgicas disponíveis.

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^S x_{ij} = d_j, \forall j \in E \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^E x_{ij} = h_i, \forall i \in S \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^E x_{ij} * se_{ij} = h_i, \forall i \in S \quad (3.4)$$

$$x_{ij} \in \mathbb{B} \quad (3.5)$$

$$u_j \in \mathbb{R}^+ \quad (3.6)$$

$$d_j \in \mathbb{N} \quad (3.7)$$

$$h_i \in \mathbb{B} \quad (3.8)$$

$$se_{ij} \in \mathbb{B} \quad (3.9)$$

Onde:

$x_{ij}$ : variável de decisão binária que representa a alocação da especialidade  $j$  na sala  $i$ ;

$u_j$ : parâmetro que indica o peso de cada especialidade  $j$  calculado pelo método AHP;

$d_j$ : parâmetro natural que indica a quantidade de recursos disponíveis para cada especialidade  $j$ ;

$h_i$ : parâmetro natural que indica a quantidade de horários disponíveis para cada sala  $i$ ;

$se_{ij}$ : parâmetro binário que indica se a sala  $i$  pode ser utilizada pela especialidade  $j$ .

### 3.2.5 Implementar o modelo matemático

Devido às características do modelo matemático proposto em 3.2.4, propõe-se a codificação no Excel® e resolução com o apoio do Solver do próprio programa. O método escolhido para a resolução é o *LP Simplex (Linear Programming Simplex)*.

### 3.2.6 Avaliar aplicação do modelo em um hospital

Para a avaliação de todas as etapas do protocolo de trabalho, foi escolhido o centro cirúrgico (cc) do Hospital de Clínicas (HC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O cc do HC da UFPR foi escolhido devido a relevância como instituição hospitalar e proximidade física.

Abaixo, na Figura 14 está apresentado as etapas necessárias para aplicação do método proposto neste trabalho.

FIGURA 144 – ETAPAS PARA PRIORIZAÇÃO E ESCOLHA DE UMA ESPECIALIDADE CIRÚRGICA

- 1. Definir grupo de especialistas para entrevistas**
- 2. Definir critérios utilizados para escolha de uma especialidade**
- 3. Definir as especialidades cirúrgicas**
- 4. Estruturar o método AHP em uma planilha de Excel®**
- 5. Efetuar os cálculos do método AHP**
- 6. Obter os pesos para cada critério e subcritério**
- 7. Implementar modelo matemático**
- 8. Rodar modelo e definir a especialidade escolhida**

FONTE: O autor (2019).



## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados do método proposto no capítulo 3 obtidos da aplicação do modelo realizada no cc do HC da UFPR.

### 4.1 O PROCESSO DE AGENDAMENTO DAS SALAS CIRÚRGICAS NO HC

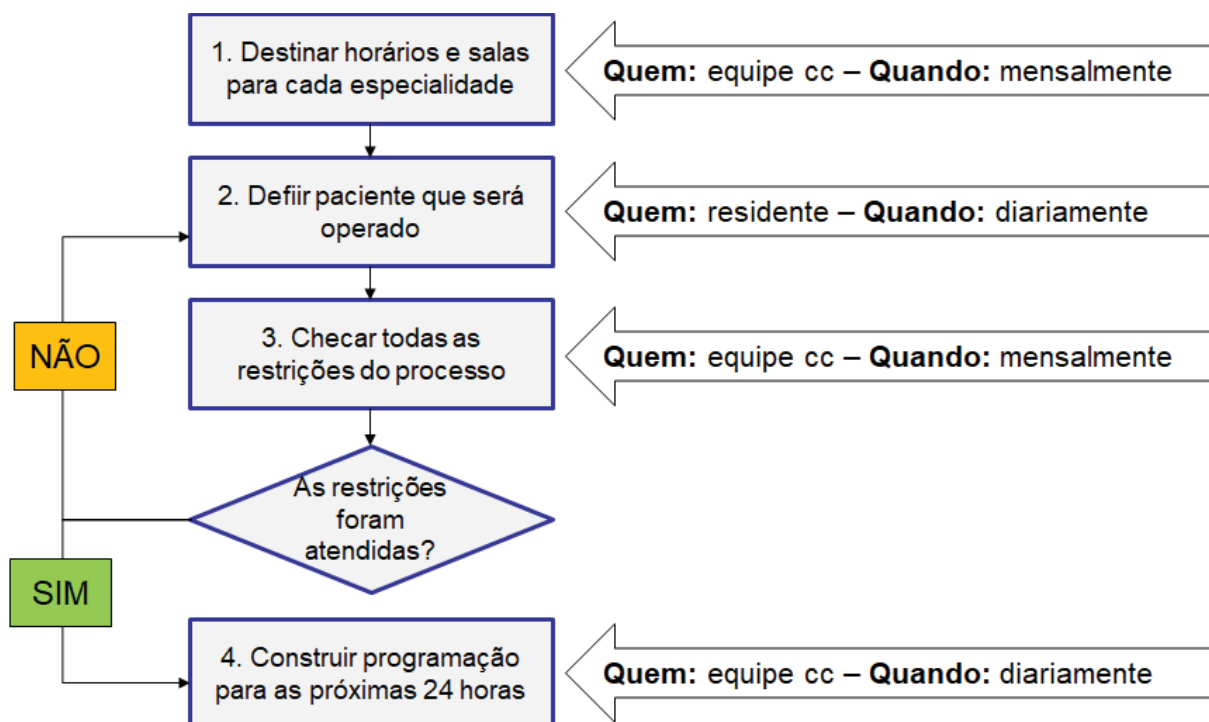
Mensalmente, a equipe do cc do HC da UFPR constrói o que chamam de mapa de ocupação das salas cirúrgicas destinando horários e salas para cada especialidade com base no tamanho das filas eletivas. Em outras palavras, cria-se uma previsão de alocação para as salas por especialidade e horários para o próximo mês de acordo com o tamanho das filas de pacientes eletivos.

De posse do plano de ocupação ou mapa, como costumam chamar, os cirurgiões residentes definem o paciente que será operado e lançam os dados referente a este paciente em um sistema computacional cedido pelo HC da UFPR observando o atendimento de duas restrições: posse da autorização de internação hospitalar preenchida e assinada pelo paciente e realização do procedimento pré-anestésico com a antecedência mínima de um ano da data da cirurgia.

Na sequência, os profissionais do cc checam os lançamentos realizados pelos residentes e, para cada especialidade, a disponibilidade de cirurgião, enfermeiro, anestesista e estoque de sangue, caso seja necessário.

Realizada estas duas etapas (definição do paciente e validação da equipe do cc) constrói-se e fixa-se o programa de agendamento de pacientes por sala, horário e especialidade para as próximas 48 horas. Diariamente, repete-se este procedimento adicionando ao programa fixo mais 24 horas de programação, ou seja, o cc sempre possui 48 horas de horizonte fixo de programação das salas. A Figura 15 ilustra as etapas do procedimento de agendamento realizado pelo cc do HC da UFPR.

FIGURA 155 – ETAPAS DO PROCEDIMENTO DE AGENDAMENTO DO CC DO HC DA UFPR



FONTE: O autor (2019).

Mesmo com um horizonte de programação fixo de 48 horas, algumas cirurgias já programadas costumam ser canceladas no cc do HC da UFPR. Os motivos são diversos, como por exemplo: o cirurgião viajou ou foi para um congresso e não avisou a equipe do cc, o paciente não conseguiu chegar ao HC para cirurgia ou mesmo desistiu de operar, entre outros motivos citados pelos profissionais que atuam neste processo.

Diante deste problema, os seguintes questionamentos aparecem para a equipe que coordena o processo de gestão do cc:

- Qual especialidade cirúrgica deve-se alocar para este horário?
- Como priorizar as especialidades disponíveis?
- Qual método deve ser utilizado para esta alocação?

Este trabalho de pesquisa responde às perguntas acima a partir de um modelo matemático para apoiar a decisão de escolha de qual especialidade cirúrgica alocar para uma determinada sala assumindo que cada especialidade possui uma

importância ou peso calculado pelo método AHP de acordo com o objetivo geral descrito no capítulo 1.

## 4.2 A APLICAÇÃO DO MODELO NO CC DO HC DA UFPR

Com o objetivo de estruturar a aplicação do modelo no cc do HC da UFPR, apresenta-se abaixo um fluxo detalhado de todas as atividades realizadas.

### 4.2.1 Definição do grupo de especialistas do cc do HC da UFPR

Para a aplicação do método proposto no capítulo 3, mais especificamente no item 3.2.2 que trata da definição dos critérios utilizados para estabelecer a especialidade a ser alocada para uma sala foi necessário estabelecer um grupo de profissionais que participam do processo de gestão do cc. Para isto, foram selecionados 2 profissionais de cada uma das 3 camadas do processo de gestão do cc: um cirurgião-diretor e um gerente do cc representando a camada estratégica, dois supervisores do cc representando a camada tática e duas enfermeiras representando a camada operacional, responsáveis pela elaboração do agendamento das cirurgias. Portanto, o grupo de especialistas contou com 6 participantes.

### 4.2.2 Realização das entrevistas para definição dos critérios utilizados no processo de tomada de decisão

Antes do início das entrevistas, foi apresentado ao grupo de especialistas a definição do problema de decisão descrito no item 3.2.3 a). A partir do problema, uma entrevista semi-estruturada foi conduzida com estes profissionais visando a busca dos critérios que são utilizados no processo de tomada de decisão na escolha da especialidade. Ao final das entrevistas, foram identificados 11 critérios que serão apresentados e explicados a seguir como cada um destes pode influenciar na decisão de escolha por uma especialidade:

- **Gravidade da cirurgia:** o aumento do tempo de espera do paciente em fila aumenta o risco de agravar a doença pelo qual necessita de uma cirurgia;
- **Benefícios passados:** este critério aparece para dosar a quantidade de vezes que uma sala é cedida para uma especialidade quando há disponibilidade não

planejada, ou seja, quantas foram as vezes que uma mesma especialidade recebeu uma sala disponível quando do cancelamento de um horário;

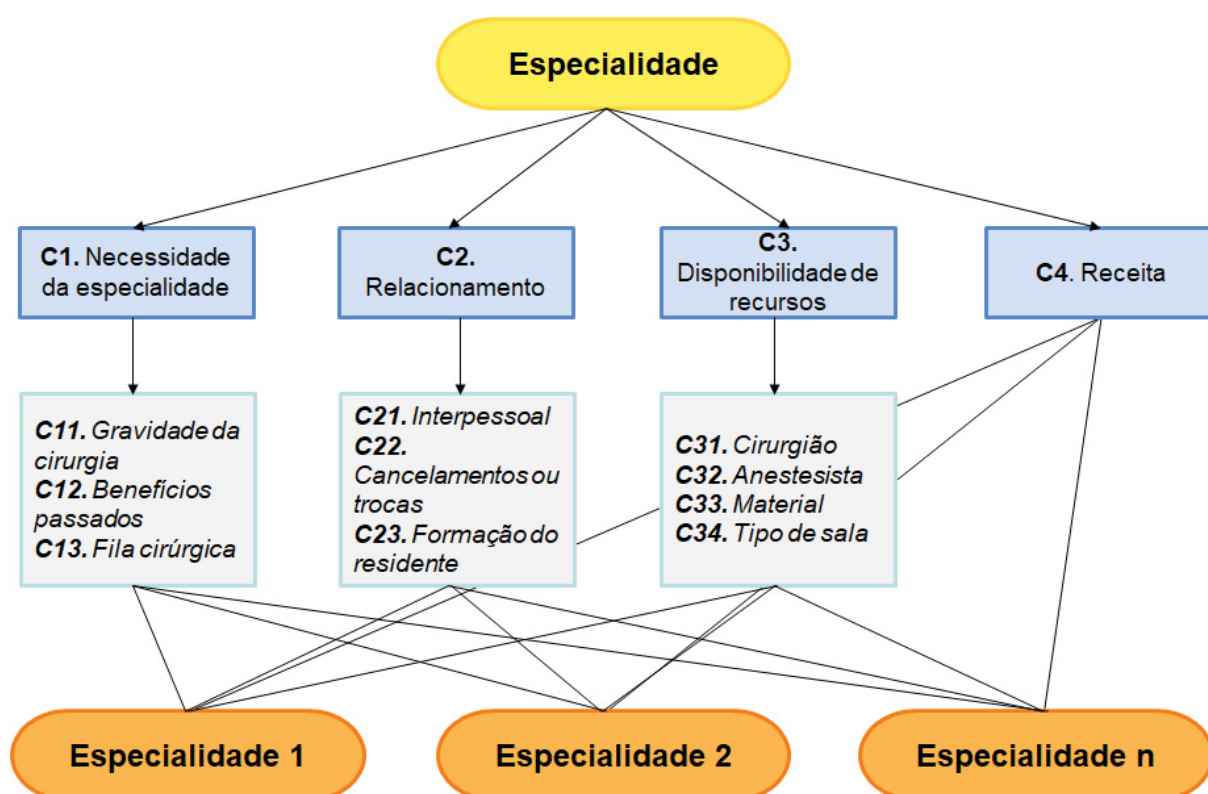
- **Fila cirúrgica:** tamanho da fila de pacientes;
- **Relacionamento interpessoal:** relação entre os profissionais que realizam a gestão do cc e os profissionais que executam ou são impactados diretamente pelo processo de agendamento;
- **Cancelamentos ou trocas:** este critério traduz a eficiência no cumprimento dos agendamentos programados. Especialidades que cancelam muitas cirurgias ou mesmo solicitam trocas;
- **Formação do residente:** para uma formação adequada, os residentes precisam operar em todas as possíveis situações. Logo, existe uma importância em garantir este equilíbrio de cirurgias em quantidade e diversidade;
- **Disponibilidade de cirurgiões:** refere-se ao impacto de uma cirurgia sem disponibilidade deste recurso;
- **Disponibilidade de anestesistas:** refere-se ao impacto de uma cirurgia sem disponibilidade deste recurso;
- **Disponibilidade de material:** refere-se ao impacto de uma cirurgia sem disponibilidade deste recurso. Neste critério, temos os equipamentos necessários para cirurgia e seus insumos;
- **Disponibilidade de tipo de sala:** refere-se ao impacto de uma cirurgia sem disponibilidade deste recurso;
- **Receita:** O Sistema Único de Saúde (SUS) paga valores distintos para cada tipo de cirurgia realizada (TPU, 2019) o qual subsidia as atividades diárias do HC.

#### 4.2.3 Organização do problema, critérios e alternativas de escolha de forma hierarquizada

Atualmente, o cc do HC da UFPR realiza 14 diferentes procedimentos cirúrgicos: geral, ortopédica, otorrinolaringologista, pediátrica, urológica, neurológica, plástica, cardíaca, coloproctologia, vascular, dermatológica, torácica, ginecológica e transplante de medula óssea. De posse destas especialidades (alternativas) e dos critérios estabelecidos em 4.2.2, organiza-se de forma hierarquizada o problema. De acordo com as características dos critérios levantados, um agrupamento foi realizado

para facilitar o processo de julgamentos que será apresentado no item 4.2.4. Os critérios: gravidade da cirurgia, benefícios passados e fila cirúrgica tornaram-se subcritérios do critério necessidade da especialidade; os critérios: relacionamento interpessoal, cancelamento ou trocas e formação do residente tornaram-se subcritérios do critério relacionamento; os critérios disponibilidade de cirurgião, anestesista, material e tipo de sala tornaram-se subcritérios do critério disponibilidade de recursos. Na Figura 16 tem-se a estrutura hierarquizada do problema aplicado ao cc do HC da UFPR.

FIGURA 166 – CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS DE ESCOLHA DA APLICAÇÃO NO HC DA UFPR



FONTE: Adaptado de Saaty (1987).

#### 4.2.4 Coleta das avaliações ou julgamentos par a par dos especialistas

A coleta dos julgamentos foi agendada e realizada presencialmente no HC da UFPR com cada especialista para minimizar o efeito de entendimento do problema e do significado de cada um dos critérios avaliados par a par. Foram realizadas 6 entrevistas com a representação das três camadas do processo: 2 profissionais da

área de gestão, 2 profissionais da área tática e 2 profissionais da área de operação ou execução.

Para a coleta, foi utilizado um quadro construído em Excel® o qual era preenchido com um “x” à medida que os julgamentos eram realizados pelo especialista. A Figura 17 ilustra o quadro utilizado para coleta dos julgamentos nas entrevistas o qual C31 representa o subcritério cirurgião, C32 o subcritério anestesista, C33 o subcritério material e C34 o subcritério tipo de sala. Para todas as outras avaliações (necessidade da especialidade, relacionamento e a relação dos critérios de primeiro nível da hierarquia: C1, C2, C3 e C4) foram construídos quadros semelhantes para agilizar o processo de coleta dos julgamentos. Na parte superior do quadro, foi adicionada a escala de importância proposta por Saaty (1987).

FIGURA 177 – QUADRO UTILIZADO PARA COLETA DOS JULGAMENTOS NA APLICAÇÃO

Disponibilidade de Recurso		9	7	5	3	1	3	5	7	9
Cirurgião	C31					x				
Cirurgião	C31					x				
Cirurgião	C31	x								
Anestesista	C32					x				
Anestesista	C32	x								
Material	C33	x								
	C32									
	C33									
	C34									
	C33									
	C34									

FONTE: O autor (2019).

#### 4.2.5 Realização dos cálculos do método AHP

Os resultados dos cálculos serão divididos em duas partes: na primeira parte será apresentado o resultado por perfil de gestão, ou seja, estratégico, tático e operacional e, na segunda, o consolidado de todos os perfis.

A partir de todos os julgamentos realizados pelos 6 especialistas, apoiado pela estrutura apresentada na Figura 17, calcularam-se automaticamente, também com apoio do Excel®, a matriz de comparação pareada. Nas Figuras 18, 19 e 20 são apresentadas as matrizes de comparação pareada para cada subcritério por perfil de gestão e na Figura 21 a matriz de comparação pareada para os critérios de 1º nível também organizada por perfil de gestão.

FIGURA 188 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA NECESSIDADE DA ESPECIALIDADE

Estratégico				Tático				Operacional			
Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados	Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados	Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados
Gravidade da cirurgia	1,00	1,00	6,71	Gravidade da cirurgia	1,00	3,87	9,00	Gravidade da cirurgia	1,00	7,00	9,00
Fila cirúrgica	1,00	1,00	5,20	Fila cirúrgica	0,26	1,00	5,20	Fila cirúrgica	0,14	1,00	3,00
Benefícios passados	0,15	0,19	1,00	Benefícios passados	0,11	0,19	1,00	Benefícios passados	0,11	0,33	1,00
<b>SOMA</b>	<b>2,15</b>	<b>2,19</b>	<b>12,90</b>	<b>SOMA</b>	<b>1,37</b>	<b>5,07</b>	<b>15,20</b>	<b>SOMA</b>	<b>1,25</b>	<b>8,33</b>	<b>13,00</b>

FONTE: O autor (2019).

FIGURA 199 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA RELACIONAMENTO

Estratégico				Tático				Operacional			
Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/Trocas	Formação dos residentes	Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/Trocas	Formação dos residentes	Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/Trocas	Formação dos residentes
Interpessoal	1,00	0,11	0,26	Interpessoal	1,00	0,38	0,58	Interpessoal	1,00	0,11	0,13
Cancelamentos/Trocas	9,00	1,00	5,92	Cancelamentos/Trocas	2,65	1,00	2,65	Cancelamentos/Trocas	9,00	1,00	0,77
Formação dos residentes	3,87	0,17	1,00	Formação dos residentes	1,73	0,38	1,00	Formação dos residentes	7,94	1,29	1,00
<b>SOMA</b>	<b>13,87</b>	<b>1,28</b>	<b>7,17</b>	<b>SOMA</b>	<b>5,38</b>	<b>1,76</b>	<b>4,22</b>	<b>SOMA</b>	<b>17,94</b>	<b>2,40</b>	<b>1,90</b>

FONTE: O autor (2019).

FIGURA 20 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS

Estratégico					Tático					Operacional				
Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesta	Material	Tipo de Sala	Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesta	Material	Tipo de Sala	Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesta	Material	Tipo de Sala
Cirurgião	1,00	1,00	3,00	7,94	Cirurgião	1,00	1,00	1,73	5,20	Cirurgião	1,00	1,00	1,34	1,00
Anestesta	1,00	1,00	5,92	7,00	Anestesta	1,00	1,00	1,73	5,20	Anestesta	1,00	1,00	1,34	1,13
Material	0,33	0,17	1,00	4,58	Material	0,58	0,58	1,00	5,20	Material	0,75	0,75	1,00	1,13
Tipo de Sala	0,13	0,14	0,22	1,00	Tipo de Sala	0,19	0,19	0,19	1,00	Tipo de Sala	1,00	0,88	0,88	1,00
<b>SOMA</b>	<b>2,46</b>	<b>2,31</b>	<b>10,13</b>	<b>20,52</b>	<b>SOMA</b>	<b>2,77</b>	<b>2,77</b>	<b>4,66</b>	<b>16,59</b>	<b>SOMA</b>	<b>3,75</b>	<b>3,63</b>	<b>4,57</b>	<b>4,27</b>

FONTE: O autor (2019).

FIGURA 21 – MATRIZES DE COMPARAÇÃO PAREADA CONSOLIDADA POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA 1º NÍVEL DE CRITÉRIOS

Estratégico					Tático					Operacional				
1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento	1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento	1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento
Necessidade da especialidade	1,00	0,38	1,00	7,94	Necessidade da especialidade	1,00	3,00	3,00	9,00	Necessidade da especialidade	1,00	6,71	1,13	9,00
Receita	2,65	1,00	1,53	7,00	Receita	0,33	1,00	1,73	9,00	Receita	0,15	1,00	0,45	4,58
Disponibilidade de Recurso	1,00	0,65	1,00	7,94	Disponibilidade de Recurso	0,33	0,58	1,00	9,00	Disponibilidade de Recurso	0,88	2,24	1,00	6,71
Relacionamento	0,13	0,14	0,13	1,00	Relacionamento	0,11	0,11	0,11	1,00	Relacionamento	0,11	0,22	0,15	1,00
<b>SOMA</b>	<b>4,77</b>	<b>2,18</b>	<b>3,65</b>	<b>23,87</b>	<b>SOMA</b>	<b>1,78</b>	<b>4,69</b>	<b>5,84</b>	<b>28,00</b>	<b>SOMA</b>	<b>2,14</b>	<b>10,16</b>	<b>2,73</b>	<b>21,29</b>

FONTE: O autor (2019).

Seguindo o procedimento proposto pelo método AHP, a partir da soma de todas as colunas da matriz de comparações pareada apresentado nas Figuras 18, 19, 20 e 21, constrói-se a matriz de decisões normalizada dividindo cada elemento da matriz pela soma de sua respectiva coluna. O próximo passo é calcular o vetor de prioridades de cada critério. Para isso, para cada linha da matriz normalizada, calcula-se a média e, com isso, obtém-se o peso de cada critério avaliado. Este valor está descrito na coluna “vp” apresentado nas Figuras 22, 23, 24 e 25. Na sequência, serão discutidos os resultados dos vetores de prioridade para cada subcritério e critérios de 1º nível dividido por perfil de gestão.

FIGURA 22 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA NECESSIDADE DA ESPECIALIDADE

Estratégico					Tático					Operacional				
IC	IA	RC			IC	IA	RC			IC	IA	RC		
0,004	0,525	0,007			0,037	0,525	0,070			0,041	0,525	0,078		
Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados	vp	Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados	vp	Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados	vp
Gravidade da cirurgia	0,47	0,46	0,52	<b>48,04%</b>	Gravidade da cirurgia	0,73	0,76	0,59	<b>69,57%</b>	Gravidade da cirurgia	0,80	0,84	0,69	<b>77,66%</b>
Fila cirúrgica	0,47	0,46	0,40	<b>44,14%</b>	Fila cirúrgica	0,19	0,20	0,34	<b>24,26%</b>	Fila cirúrgica	0,11	0,12	0,23	<b>15,49%</b>
Benefícios passados	0,07	0,09	0,08	<b>7,82%</b>	Benefícios passados	0,08	0,04	0,07	<b>6,16%</b>	Benefícios passados	0,09	0,04	0,08	<b>6,85%</b>

FONTE: O autor (2019).

Na Figura 22 são apresentados os vetores de prioridades para o subcritério necessidade da especialidade. Ao alterar o perfil profissional dos especialistas, do estratégico para o operacional, observa-se um aumento na valorização pelo critério gravidade da cirurgia (48,04% para o perfil estratégico, 69,57% para o perfil tático e 77,66% para o perfil operacional) e o contrário acontece para a fila cirúrgica (44,14% para o perfil estratégico, 24,26% para o perfil tático e 15,49% para o perfil operacional). Isto mostra que o perfil estratégico tem maior preocupação com as filas do que com a gravidade cirúrgica se comparada com os perfis profissionais de hierarquias inferiores. No entanto, o critério de benefícios passados apresentou pouca importância para todos os perfis mostrando a relevância que os outros critérios têm em relação a este. Para todos os perfis a relação de consistência (RC) ficou abaixo de 1%, ou seja, de acordo com Saaty (1987), os resultados mostraram-se consistentes.



FIGURA 23 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA RELACIONAMENTO

Estratégico					Tático					Operacional				
IC	IA	RC			IC	IA	RC			IC	IA	RC		
0,050	0,525	0,095			0,017	0,525	0,032			0,008	0,525	0,015		
Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/Trocas	Formação dos residentes	vp	Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/Trocas	Formação dos residentes	vp	Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/Trocas	Formação dos residentes	vp
Interpessoal	0,07	0,09	0,04	<b>6,50%</b>	Interpessoal	0,19	0,22	0,14	<b>17,93%</b>	Interpessoal	0,06	0,05	0,07	<b>5,61%</b>
Cancelamentos/Trocas	0,65	0,78	0,82	<b>75,15%</b>	Cancelamentos/Trocas	0,49	0,57	0,63	<b>56,27%</b>	Cancelamentos/Trocas	0,50	0,42	0,41	<b>44,19%</b>
Formação dos residentes	0,28	0,13	0,14	<b>18,35%</b>	Formação dos residentes	0,32	0,22	0,24	<b>25,80%</b>	Formação dos residentes	0,44	0,54	0,53	<b>50,20%</b>

FONTE: O autor (2019).

Na Figura 23 são apresentados os vetores de prioridades para o subcritério relacionamento. Para todos os perfis o critério mais importante foi cancelamento/trocas. No entanto, este critério foi mais valorizado pelo perfil estratégico o qual tem sua importância diminuída à medida que se desce no nível hierárquico. A formação do residente foi mais valorizada pelo perfil operacional mostrando a preocupação que as profissionais que atuam no processo de programação têm em relação a este critério. O critério interpessoal foi o menos avaliado por todos os perfis.

FIGURA 24 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS

Estratégico						Tático						Operacional					
IC	IA	RC				IC	IA	RC				IC	IA	RC			
0,057	0,882	0,065				0,013	0,882	0,014				0,006	0,882	0,007			
Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesiista	Material	Tipo de Sala	vp	Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesiista	Material	Tipo de Sala	vp	Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesiista	Material	Tipo de Sala	vp
Cirurgião	0,41	0,43	0,30	0,39	<b>38,05%</b>	Cirurgião	0,36	0,36	0,37	0,31	<b>35,18%</b>	Cirurgião	0,27	0,28	0,29	0,23	<b>26,77%</b>
Anestesiista	0,41	0,43	0,58	0,34	<b>44,10%</b>	Anestesiista	0,36	0,36	0,37	0,31	<b>35,18%</b>	Anestesiista	0,27	0,28	0,29	0,27	<b>27,56%</b>
Material	0,14	0,07	0,10	0,22	<b>13,27%</b>	Material	0,21	0,21	0,21	0,31	<b>23,62%</b>	Material	0,20	0,21	0,22	0,27	<b>22,23%</b>
Tipo de Sala	0,05	0,06	0,02	0,05	<b>4,58%</b>	Tipo de Sala	0,07	0,07	0,04	0,06	<b>6,01%</b>	Tipo de Sala	0,27	0,24	0,19	0,23	<b>23,44%</b>

FONTE: O autor (2019).

Na Figura 24 são apresentados os vetores de prioridades para o subcritério disponibilidade de recursos. Tanto o perfil estratégico quanto tático pontuou os critérios cirurgião e anestesiista como os mais relevantes no processo de escolha de uma especialidade. Em uma das entrevistas, o especialista argumenta que uma cirurgia só ocorre com a presença de ambos e que salas ou materiais podem ser improvisados caso seja necessária a realização de um procedimento cirúrgico. No entanto, o perfil operacional, responsável pela atribuição das especialidades às salas, aponta praticamente valores iguais para cada um dos critérios mostrando que uma programação só pode ser realizada se todos os recursos estiverem disponíveis.

FIGURA 25 – MATRIZES NORMALIZADAS COM VETOR DE PRIORIDADES POR PERFIL DE GESTÃO DO PROCESSO PARA 1º NÍVEL DE CRITÉRIOS

Estratégico					Tático					Operacional							
IC	IA	RC			IC	IA	RC			IC	IA	RC					
0,038	0,882	0,044			0,065	0,882	0,074			0,058	0,882	0,066					
1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento	vp	1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento	vp	1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento	vp
Necessidade da especialidade	0,21	0,17	0,27	0,33	24,74%	Necessidade da especialidade	0,56	0,64	0,51	0,32	50,93%	Necessidade da especialidade	0,47	0,66	0,42	0,42	49,12%
Receita	0,55	0,46	0,42	0,29	43,14%	Receita	0,19	0,21	0,30	0,32	25,47%	Receita	0,07	0,10	0,16	0,22	13,68%
Disponibilidade de Recurso	0,21	0,30	0,27	0,33	27,92%	Disponibilidade de Recurso	0,19	0,12	0,17	0,32	20,08%	Disponibilidade de Recurso	0,41	0,22	0,37	0,32	32,83%
Relacionamento	0,03	0,07	0,03	0,04	4,21%	Relacionamento	0,06	0,02	0,02	0,04	3,52%	Relacionamento	0,05	0,02	0,05	0,05	4,37%

FONTE: O autor (2019).

Na Figura 25 são apresentados os vetores de prioridades para os subcritérios de 1º nível. Observa-se que o critério relacionamento foi o de menor importância para todos os perfis atingindo um máximo de 4,37% para o perfil operacional. Porém, a receita foi o item de maior importância para o perfil estratégico (43,14%) mostrando a preocupação que esta camada do cc tem em relação a manutenção das finanças hospitalares. Os perfis tático e operacional atribuíram maior importância a necessidade da especialidade seguido de disponibilidade de recursos. Isto mostra que os perfis abaixo do perfil estratégico se preocupam com a redução das filas cirúrgicas, com a gravidade da especialidade e com a garantia dos recursos para decisão de atribuição de uma sala a uma especialidade.

FIGURA 266 – MATRIZES NORMALIZADAS CONSOLIDADAS COM VETOR DE PRIORIDADES

IC	IA	RC
0,012	0,525	0,023

Necessidade da especialidade	Gravidade da cirurgia	Fila cirúrgica	Benefícios passados	vp
Gravidade da cirurgia	0,69	0,71	0,61	66,71%
Fila cirúrgica	0,23	0,24	0,32	26,19%
Benefícios passados	0,08	0,05	0,07	7,10%

IC	IA	RC
0,018	0,882	0,020

Disponibilidade de Recurso	Cirurgião	Anestesta	Material	Tipo de Sala	vp
Cirurgião	0,36	0,37	0,34	0,32	34,51%
Anestesta	0,36	0,37	0,42	0,32	36,66%
Material	0,19	0,15	0,18	0,27	19,82%
Tipo de Sala	0,10	0,11	0,06	0,09	9,01%

IC	IA	RC
0,008	0,525	0,014

Relacionamento	Interpessoal	Cancelamentos/ Trocas	Formação dos residentes	vp
Interpessoal	0,09	0,10	0,07	9,06%
Cancelamentos/ Trocas	0,56	0,62	0,64	60,86%
Formação dos residentes	0,35	0,27	0,28	30,08%

IC	IA	RC
0,009	0,882	0,010

1º NÍVEL	Necessidade da especialidade	Receita	Disponibilidade de Recurso	Relacionamento	vp
Necessidade da especialidade	0,44	0,48	0,41	0,36	42,18%
Receita	0,22	0,25	0,29	0,27	25,74%
Disponibilidade de Recurso	0,29	0,23	0,27	0,33	27,98%
Relacionamento	0,05	0,04	0,03	0,04	4,10%

FONTE: O autor (2019).

Na Figura 26 são apresentados os vetores de prioridades (coluna vp) relacionados aos resultados consolidados dos 3 perfis de especialistas entrevistados juntamente com a relação de consistência (RC) a qual ficou abaixo de 1% em todos

os casos. Na Figura 27, tem-se os pesos para cada critério o qual será utilizado no modelo matemático que apoiará o processo de atribuição da especialidade à sala. Em resumo, no primeiro nível de critérios, a necessidade da especialidade apresentou a maior importância dentre todos os critérios (42,18%) seguida da disponibilidade de recurso (27,98%) e receita (25,74%) mostrando o quanto a gravidade cirúrgica e o tamanho da fila são importantes comparados aos outros critérios avaliados. Já o relacionamento representou apenas 4,10% traduzindo baixa importância frente aos critérios avaliados. Em segundo nível, tem-se a gravidade cirúrgica representando 66,71% da importância dentro das necessidades da especialidade. Para disponibilidade de recursos obteve-se praticamente a mesma importância para cirurgião e anestesista com pesos de 34,51% e 36,66% respectivamente. Por fim, no critério relacionamento a maior importância foi dada à formação dos residentes com 60,86% seguido de cancelamentos ou trocas com 30,08%.

FIGURA 27 –RESULTADO DOS PESOS DE CADA CRITÉRIO E SUBCRITÉRIO

1º Nível	Necessidade da especialidade			Receita	Disponibilidade de Recurso				Relacionamento		
Vetor Utilidade	42,18%			25,74%	27,98%				4,10%		
2º Nível	Gravidade cirúrgica	Fila cirúrgica	Benefícios passados	Receita	Cirurgião	Anestesiastas	Material	Tipo de Sala	Interpessoal	Formação de Residentes	Cancelamento ou trocas
Vetor Utilidade	66,71%	26,19%	7,10%	100,00%	34,51%	36,66%	19,82%	9,01%	9,06%	60,86%	30,08%

FONTE: O autor (2019).

O vetor utilidade descreve a importância ou peso de cada alternativa, no caso especialidade cirúrgica, na escolha baseada nos critérios estabelecidos e mensurados pelos especialistas tomadores da decisão através do método AHP. No entanto, para finalizar a aplicação, é necessário estabelecer os pesos para cada especialidade, formular e implementar o modelo matemático proposto neste trabalho. Devido ao grande número de especialidades (14) e o tempo disponível dos especialistas do CC do HC da UFPR, apenas os subcritérios fila cirúrgica e receita foram priorizados por especialidades. Para todos os outros nove critérios, não houve priorização. A fila cirúrgica foi priorizada pelo tamanho de pacientes em espera coletado em 23 de janeiro de 2019 junto ao responsável por esta atividade no HC da UFPR e, as receitas, obtidas pela Tabela de Procedimentos Unificada do Portal da Saúde do SUS (TPU, 2019). No entanto, para cada subcritério não priorizado, sugere-se abaixo um mecanismo para o processo de priorização para cada uma das especialidades:

- **Gravidade cirúrgica:** uma boa estimativa é a quantidade média de dias de internação pós cirúrgico;
- **Benefícios passados:** quantidade de salas extras recebidas nos últimos 12 meses;
- **Cirurgião:** disponibilidade dos cirurgiões em refazerem suas agendas;
- **Anestesistas:** disponibilidade dos anestesistas em ajustarem suas agendas incluindo ainda retrições de trabalho por especialidade. Por exemplo, alguns anestesistas não trabalham com cirurgias pediátricas;
- **Material:** quantidade de material disponível nas próximas 24 horas;
- **Tipo de sala:** utilizar a condição de adaptabilidade da sala a cada especialidade, ou seja, qual especialidade é menos restritiva as salas disponíveis;
- **Interpessoal:** criar uma escala de relacionamento associada ao indicador de cancelamentos e trocas;
- **Formação de residentes:** utilizar regras dos conselhos regionais;
- **Cancelamentos ou trocas:** construir um histórico de cancelamentos ou trocas por meio de indicadores.

Com isso, tem-se na Figura 27 os resultados agrupados com cada especialidade da aplicação.

FIGURA 28 –RESULTADOS AGRUPADOS COM CADA ESPECIALIDADE DA APLICAÇÃO

1º Nível	Necessidade da especialidade			Receita	Disponibilidade de Recurso				Relacionamento		
Vetor Utilidade	42,18%			25,74%	27,98%				4,10%		
2º Nível	Gravidade cirúrgica	Fila cirúrgica	Benefícios passados	Receita	Cirurgião	Anestesistas	Material	Tipo de Sala	Interpessoal	Formação de Residentes	Cancelamento ou trocas
Vetor Utilidade	66,71%	26,19%	7,10%	100,00%	34,51%	36,66%	19,82%	9,01%	9,06%	60,86%	30,08%
Geral	-	12,59%	-	6,80%	-	-	-	-	-	-	-
Ortopédica	-	3,76%	-	7,42%	-	-	-	-	-	-	-
Otorrinolaringologista	-	14,83%	-	2,78%	-	-	-	-	-	-	-
Pediátrica	-	7,47%	-	2,80%	-	-	-	-	-	-	-
Urológica	-	20,83%	-	3,70%	-	-	-	-	-	-	-
Neurológica	-	0,53%	-	3,26%	-	-	-	-	-	-	-
Plástica	-	25,68%	-	3,95%	-	-	-	-	-	-	-
Cardíaca	-	0,70%	-	36,56%	-	-	-	-	-	-	-
Coloproctologia	-	2,29%	-	4,50%	-	-	-	-	-	-	-
Vascular	-	0,20%	-	3,22%	-	-	-	-	-	-	-
Dermatológica	-	0,78%	-	3,39%	-	-	-	-	-	-	-
Torácica	-	0,01%	-	12,05%	-	-	-	-	-	-	-
Ginecológica	-	10,11%	-	4,13%	-	-	-	-	-	-	-
Transplante de Medula Óssea	-	0,22%	-	5,44%	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: O autor (2019).

Após a soma de produtos entre os pesos dos critérios de 1º nível, os pesos dos subcritérios de 2º nível e os pesos de cada especialidade por subcritério, tem-se na Figura 28 os pesos finais para cada especialidade.

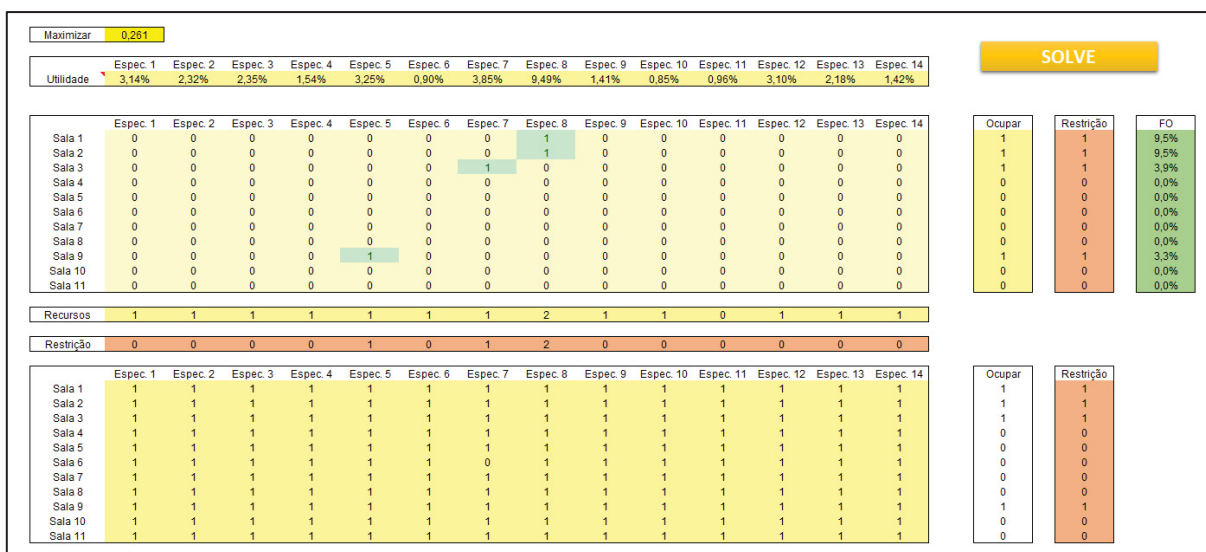
FIGURA 29 – PESO FINAL DE CADA ESPECIALIDADE DA APLICAÇÃO

Geral	3,14%
Ortopédica	2,32%
Otorrinolaringologista	2,35%
Pediátrica	1,54%
Urológica	3,25%
Neurológica	0,90%
Plástica	3,85%
Cardíaca	9,49%
Coloproctologia	1,41%
Vascular	0,85%
Dermatológica	0,96%
Torácica	3,10%
Ginecológica	2,18%
Transplante de Medula Óssea	1,42%

FONTE: O autor (2019).

Por fim, dando sequência à aplicação do método no cc do HC da UFPR, formula-se e implementa-se o modelo de acordo com o item 3.2.4 e 3.2.5. A Figura 29 apresenta a interface criada em Excel ® para implementação do modelo proposto neste trabalho.

FIGURA 30 –INTERFACE CRIADA EM EXCEL PARA O MODELO DA APLICAÇÃO



FONTE: O autor (2019).

Na simulação ilustrada pela Figura 29, foram disponibilizados 4 horários nas respectivas salas 1, 2 3 e 9 ( $h_1, h_2, h_3$  e  $h_9 = 1$ ) com 1 recurso para todas as especialidades exceto a especialidade 8 que contou com 2 recursos e a especialidade 11 que contou com nenhum recurso ( $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_9, d_{10}, d_{12}, d_{13}$  e  $d_{14} = 1, d_8 = 2$  e  $d_{11} = 0$ ). Todas as salas podiam ser utilizadas pelas especialidades ( $se_{es} = 1$  para todo  $i$  pertencente a  $S$  e para todo  $j$  pertencente a  $E$ ). O modelo distribuiu os horários disponíveis para as especialidades 7, 8 e 5 ( $x_{1,8}, x_{2,8}, x_{3,7}$  e  $x_{9,5} = 1$ ).

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi propor um modelo de priorização de especialidades cirúrgicas por meio do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Ainda, utilizar os pesos atribuídos a cada especialidade em um modelo matemático para apoiar a decisão de escolha de qual especialidade cirúrgica alocar para uma ou mais salas vagas. Por meio de uma revisão sistemática de literatura foi possível identificar que a maior parte dos trabalhos propõem modelos matemáticos para realização dos agendamentos cirúrgicos sem atribuir um grau de importância ou peso para cada uma das especialidades cirúrgicas baseado em critérios de decisão. Ainda, a modelagem por programação inteira foi dominante nos trabalhos lidos devido às

características do problema. Portanto, a abordagem híbrida apresentada neste trabalho, ou seja, um método de priorização das especialidades combinado a um modelo de programação linear inteira não foi explorado pelas pesquisas encontradas na revisão sistemática de literatura.

Na aplicação realizada nas dependências do cc do HC da UFPR se observou que o critério menos importante para decisão de qual especialidade alocar dado um ou mais horários disponíveis, segundo os julgamentos dos entrevistados, foi o de relacionamento. Este critério participou com apenas 4,10% do peso dos critérios de primeiro nível. No entanto, receita e disponibilidade de recursos, participaram com proporções quase iguais, 25,74% e 27,98% respectivamente. No entanto, a maior importância foi dada a necessidade da especialidade com 42,18% da participação. Isto mostra a relevância que este critério apresenta para os especialistas no processo decisório. Outro ponto importante do trabalho foi a diferença encontrada nas importâncias dada a cada critério decisório quando analisado por camada de gestão. Na análise de critérios de primeiro nível, a receita foi o item de maior importância para o perfil estratégico enquanto os perfis tático e operacional atribuíram maior importância a necessidade da especialidade seguido de disponibilidade de recursos. Isto mostra a importância que a definição por camadas do grupo de especialistas tem na aplicação do modelo proposto neste trabalho.

Outro ponto importante da pesquisa foi o fato de a definição dos critérios e as entrevistas terem ocorrido presencialmente. Apresentar de forma clara o objetivo da pesquisa, realizar sempre as mesmas perguntas, sanar todas as possíveis dúvidas e explicar qual a expectativa do trabalho, contribuiu de forma imensurável para o alcance do objetivo desta pesquisa.

Por fim, é importante ressaltar que a decisão de não priorizar todas as especialidades para cada subcritério não invalida o modelo proposto. Para que estas entrevistas pudessem ocorrer, precisaríamos de maior disponibilidade de agenda dos especialistas do cc do HC da UFPR além de um melhor banco de dados das cirurgias executadas, inclusive com os indicadores de performance de cada especialidade o que hoje é algo ainda a ser desenvolvido no HC.

A aplicação do modelo foi realizada em apenas um centro cirúrgico (cc do HC da UFPR). Logo, o modelo não pôde ser aplicado em outros hospitais para comparação dos resultados obtidos, principalmente em relação aos critérios utilizados para tomada de decisão de escolha de uma especialidade cirúrgica.



## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

O problema de agendamento de salas cirúrgicas tem sido bastante explorado pelos pesquisados nos últimos anos como mostrou a revisão sistemática de literatura deste trabalho. No entanto, não foi encontrado nenhuma pesquisa nesta revisão que utilize métodos de priorização de especialidades combinada com programação matemática, exceto a pesquisa de Rahimi et al. (2016) que trabalha na priorização de pacientes em filas de cirurgia ortopédica. Como sugestão de trabalhos futuros, propõem-se explorar a aplicação do método Delphi para definição dos critérios a serem utilizados pelo método de priorização em vez de uma entrevista desestruturada.

## REFERÊNCIAS

ABEPRO, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**, 2019 Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/internasub.asp?m=860&ss=27&c=846>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.

ANJOMSHOA, H.; DUMITRESCU, I.; LUSTIG, I.; SMITH, O. J. **An exact approach for tactical planning and patient selection for elective surgeries**, European Journal of Operational Research, Volume 268, Issue 2, 16 July 2018, Pages 728-739, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.048>, 2018

BING-HAI, Z.; MENG, Y.; ZHI-QIANG, L. **An improved Lagrangian relaxation heuristic for the scheduling problem of operating theatres**, Computers & Industrial Engineering, Volume 101, November 2016, Pages 490-503, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.003>, 2016

BOUGUERRA, A.; SAUVEY, C.; SAUER, N. **Mathematical model for maximizing operating rooms utilization**, IFAC-PapersOnLine, Volume 48, Issue 3, 2015, Pages 118-123, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.068>, 2015

CARDOEN, B.; DEMEULEMEESTER, E.; BELIËN, J. **Operating room planning and scheduling: A literature review**, European Journal of Operational Research, Volume 201, Issue 3, 16 March 2010, Pages 921-932, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.04.011>, 2010

CASTRO, P. M.; MARQUES, I. **Operating room scheduling with Generalized Disjunctive Programming**, Computers & Operations Research, Volume 64, December 2015, Pages 262-273, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.06.002>, 2015

CHC-UFPR, Complexo Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, **HC em Números**, 2019. Disponível em: <<http://www2.ebserh.gov.br/web/chc-ufpr/hcnumeros>> Acesso: 02 de fevereiro de 2019.



CHOI, S.; WILHELM, W. E. **On capacity allocation for operating rooms**, Computers & Operations Research, Volume 44, April 2014, Pages 174-184, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.11.007>, 2014

CLAVEL, D.; XIE, X.; MAHULEA, C.; SILVA, M. **A Three Steps Approach for Surgery Planning of Elective and Urgent Patients**, IFAC-PapersOnLine, Volume 51, Issue 7, 2018, Pages 243-250, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.308>, 2018

DENTON, B.; VIAPIANO, J.; VOGL, A. **Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty**, Health Care Management Science, DOI: 10.1007/s10729-006-9005-4, 13–24, 2006

DIOS, M.; MOLINA-PARIENTE, J. M.; FERNANDEZ-VIAGAS, V.; ANDRADE-PINEDA, J. L.; FRAMINAN, J. M. **A Decision Support System for Operating Room scheduling**, Computers & Industrial Engineering, Volume 88, October 2015, Pages 430-443, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.08.001>, 2015

EUN, J.; KIM, S. P.; YIH, Y.; TIWARI, V. **Scheduling elective surgery patients considering time-dependent health urgency: Modeling and solution approaches**, Omega, Volume 0, June 2018, Pages 1-17, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.007>, 2018

FERREIRA, A. M. S.; TRANNIN, J. L. V.; FRIGOTO, D. **O Ministério Público diante da falta de efetividade das listas de espera de cirurgias eletivas do SUS**. Disponível em: <[http://www.ceaf.mppr.mp.br/arquivos/File/Teses\\_2015/AngeloMazzucchiSantanaFerreira\\_outros\\_listas\\_de\\_espera\\_de\\_cirurgias\\_eletivas\\_pelo\\_sus.pdf](http://www.ceaf.mppr.mp.br/arquivos/File/Teses_2015/AngeloMazzucchiSantanaFerreira_outros_listas_de_espera_de_cirurgias_eletivas_pelo_sus.pdf)>. Acesso em 29 nov.2017.

GUIDO, R.; CONFORTI, D. **A hybrid genetic approach for solving an integrated multi-objective operating room planning and scheduling problem**, Computers & Operations Research, Volume 87, November 2017, Pages 270-282, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.11.009>, 2017

JEBALI, A.; DIABAT, A. **A Chance-constrained operating room planning with elective and emergency cases under downstream capacity constraints**, Computers & Industrial Engineering, Volume 114, December 2017, Pages 329-344, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07.015>, 2017

KOPPKA, L.; WIESCHE, L.; SCHACHT, M.; WERNERS, B. **Optimal distribution of operating hours over operating rooms using probabilities**, European Journal of Operational Research, Volume 267, Issue 3, 16 June 2018, Pages 1156-1171, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.12.025>, 2018

LAMIRI, M.; GRIMAUD, F.; XIE, X. **Optimization methods for a stochastic surgery planning problem**, International Journal of Production Economics, DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.11.021, 400–410, 2009

LASORSA, I.; PADOANO, E.; MARCEGLIA, S. ACCARDO, A. **Multi-criteria decision analysis for the assessment of non-clinical hospital services: Methodology and case study**, Operations Research for Health Care, Available online 9 September 2018, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2018.08.002>, 2018

LIMA, G. J.; MOBASHERB, A.; BARD, J. F.; NAJJARBASHI, A. **Nurse scheduling with lunch break assignments in operating suites**, Operations Research for Health Care, Volume 10, September 2016, Pages 35-48, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2016.07.001>, 2016

MALIK, M. M.; KHAN, M.; ABDALLAH, S. **Aggregate capacity planning for elective surgeries: A bi-objective optimization approach to balance patients waiting with healthcare costs**, Operations Research for Health Care, Volume 7, December 2015, Pages 3-13, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.09.009>, 2015

MARQUESA, I.; CAPTIVO, M. E. **Bicriteria elective surgery scheduling using an evolutionary algorithm**, Operations Research for Health Care, Volume 7, December 2015, Pages 14-26, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.07.004>, 2015

MARQUESA, I.; CAPTIVO, M. E.; PATO, M. V. **Scheduling elective surgeries in a Portuguese hospital using a genetic heuristic**, Operations Research for Health Care, Volume 3, Issue 2, June 2014, Pages 59-72, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2013.12.001>, 2014

MARTINS, R. S. **Abordagens Quantitativa e Qualitativa**. In: MIGUEL, P. A. C (Org.). Metodologia de pesquisa em engenharia da produção e gestão de operações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, p. 47-63, 2012

MESKENS, N.; DUVIVIER, D.; HANSET, A. **Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team**, Decision Support Systems, Volume 55, Issue 2, May 2013, Pages 650-659, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.10.019>, 2013

MIN, D.; YIH, Y. An elective surgery scheduling problem considering patient priority, Computers & Operations Research, Volume 37, Issue 6, June 2010, Pages 1091-1099, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.09.016>, 2010

MOLINA-PARIENTE, J. M.; HANS, E. W.; FRAMINAN, J. M.; GOMEZ-CIA, T. **New heuristics for planning operating rooms**, Computers & Industrial Engineering, Volume 90, December 2015, Pages 429-443, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.10.002>, 2015

NETO, R. M.; PUREZA, V. **Abordagens Quantitativa e Qualitativa**. In: MIGUEL, P. A. C (Org.). Metodologia de pesquisa em engenharia da produção e gestão de operações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, p. 168-198, 2012

NEYSHABOURI, S.; BERG, B. **Two-Stage Robust Optimization Approach to Elective Surgery and Downstream Capacity Planning**, European Journal of Operational Research, DOI: 10.1016/j.ejor.2016.11.043, 2016

NÚÑEZ, G. L.; LÜER-VILLAGRA, A.; MARIANOV, V.; OBREQUE, C.; RAMIS, F.; NERIZ, L. **Scheduling operating rooms with consideration of all resources, post anesthesia beds and emergency surgeries**, Computers & Industrial Engineering, Volume 97, July 2016, Pages 248-257, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.05.016>, 2016

RAHIMI, S. A.; JAMSHIDI, A.; RUIZ, A.; AIT-KADI, D. **A new dynamic integrated framework for surgical patients' prioritization considering risks and**

**uncertainties**, Decision Support Systems, Volume 88, August 2016, Pages 112-120, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.06.003>, 2016

RIET, C. V.; DEMEULEMEESTER, E. **Trade-offs in operating room planning for electives and emergencies: A review**, Operations Research for Health Care, Volume 7, December 2015, Pages 52-69, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.05.005>, 2015

SAADOULI, H.; JERBI, B.; DAMMAKA, A.; MASMOUDI, L.; BOUAZIZ, A. **A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department**, Computers & Industrial Engineering, Volume 80, February 2015, Pages 72-79, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.11.021>, 2015

SAADOULI, H.; JERBI, B.; DAMMAKA, A.; MASMOUDI, L.; BOUAZIZ, A. **Adapting GA to solve a novel model for operating room scheduling problem with endogenous uncertainty**, Operations Research for Health Care, Volume 19, December 2018, Pages 26-43, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2018.02.002>, 2018

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process – What it is and how it is used**. Math Modelling. v. 9, n. 3, p. 161-176, 1987.

SAATY, T.; KEARNS, K. **Analytical Planning: The organization of Systems**. 1 ed. Oxford: Pergamon Press, 1985.

SAATY, T.L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**, Journal of Mathematical Psychology 15, 234–281, 1977.

SAMUDRA, M.; DEMEULEMEESTER, E.; CARDOEN, B.; VANSTEENKISTE, N.; RADEMAKERS, F. E. **Due time driven surgery scheduling**, Health Care Management Science, DOI: 10.1007/s10729-016-9356-4, 2016

SAREMI, A.; JULA, P.; ELMEKKAWY, T.; WANGD, G. G. **Bi-criteria appointment scheduling of patients with heterogeneous service sequences**, Expert Systems with Applications, Volume 42, Issue 8, 15 May 2015, Pages 4029-4041, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.013>, 2015

SCOPUS, Portal Scopus, **What is Scopus**, 2019. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>> Acesso: 02 de fevereiro de 2019.

SILVA, T. A. O.; SOUZA, M. C.; SALDANHAD, R. R.; BURKEE, E. K. **Surgical scheduling with simultaneous employment of specialised human resources**, European Journal of Operational Research, Volume 245, Issue 3, 16 September 2015, Pages 719-730, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.008>, 2015

SPRATT, B.; KOZAN, E. **Waiting list management through master surgical schedules: A case study**, Operations Research for Health Care, Volume 10, September 2016, Pages 49-64, <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2016.07.002>, 2016

SU, M.; LAI, S.; WANG, P.; HSIEH, Y.; LIN, S. **A SOMO-based approach to the operating room scheduling problem**, Expert Systems with Applications, Volume 38, Issue 12, November–December 2011, Pages 15447-15454, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.016>, 2011

TPU, Tabela de Procedimentos Unificada, **Portal da Saúde SUS**, 2019. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?acao=11&id=21910>> Acesso: 02 de fevereiro de 2019.

TRANFIELD, D.; DEYER, D.; SMART, P. **Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review**. British Journal of Management, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2013.

VAIDYA, O.; KUMAR, S. **Analytic hierarchy process: An overview of applications**. European Journal of Operational Research, v. 169, p. 1-29, 2006.

VALI-SIAR, M. M.; GHOLAMI, S.; RAMEZANIAN, R. **Multi-period and multi-resource operating room scheduling under uncertainty: A case study**, Computers & Industrial Engineering, Volume 126, December 2018, Pages 549-568, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.014>, 2018

VISINTIN, F.; CAPPANERA, P.; BANDITORI, C.; DANESE, P. **Development and implementation of an operating room scheduling tool: an action research study**, Production Planning & Control, DOI: 10.1080/09537287.2017.1310328, 2017

WANG, Y.; TANG, J.; FUNG, R. Y. K. **A column-generation-based heuristic algorithm for solving operating theater planning problem under stochastic demand and surgery cancellation risk**, International Journal of Production Economics, Volume 158, December 2014, Pages 28-36, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.015>, 2014

WANG, T.; MESKENS, N.; DUVIVIER, D. **Scheduling operating theatres: Mixed integer programming vs. constraint programming**, European Journal of Operational Research, Volume 247, Issue 2, 1 December 2015, Pages 401-413, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.008>, 2015

Web Of Science, Portal Web of Science, **What we do**, 2019. Disponível em: <<https://clarivate.com/products/web-of-science/>> Acesso: 02 de fevereiro de 2019.

XIANG, W.; YIN, J.; LIM, G. **An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem**, Computers & Industrial Engineering, Volume 85, July 2015, Pages 335-345, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.04.010>, 2015